Editora Bernoulli

BIOLOGIA

Volume 05

Sumário - Biologia

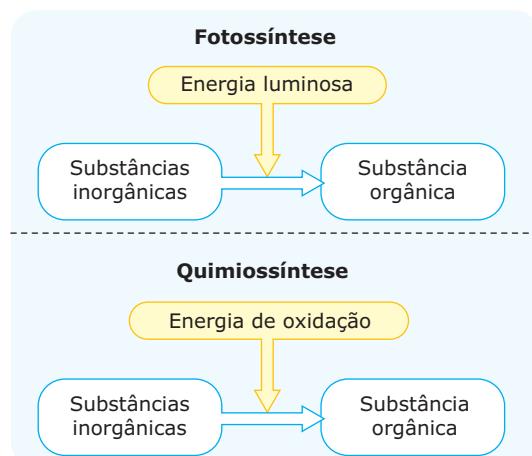
Frente A

Frente B

Frente C

Frente D

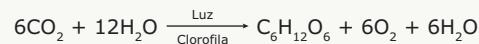
BIOLOGIA

Fotossíntese e quimiossíntese

MÓDULO 09

FRENTE A

Existem dois processos distintos por meio dos quais algumas espécies de seres vivos conseguem fabricar compostos orgânicos a partir de substâncias inorgânicas: **fotossíntese** e **quimiossíntese**.

Quando a fonte de energia utilizada pela reação é a luz, o processo é a fotossíntese; quando a energia utilizada é proveniente de uma reação de oxidação, temos a quimiossíntese. Assim, a diferença fundamental entre esses dois processos está na fonte de energia utilizada.

Os seres fotossintetizantes e quimiossintetizantes realizam a chamada nutrição autótrofa ou autotrófica, isto é, conseguem fabricar, no próprio corpo, o alimento orgânico a partir de substâncias inorgânicas. Por isso, são chamados de seres autótrofos ou autotróficos. Distinguimos, portanto, o autotrofismo fotossintético e o autotrofismo quimiossintético.

Nutrição autótrofa *– Na fotossíntese, substâncias inorgânicas são usadas para produzir substâncias orgânicas, utilizando a energia proveniente da luz. Na quimiossíntese, substâncias inorgânicas são utilizadas para produzir substâncias orgânicas, utilizando a energia proveniente de uma reação de oxidação.*

FOTOSSÍNTESE

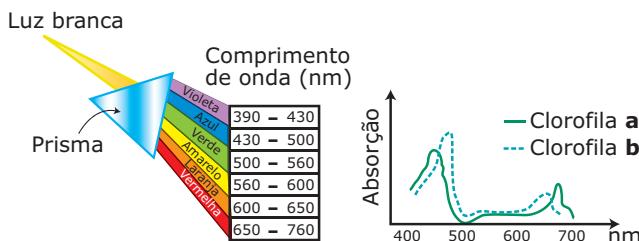
Também chamada de assimilação clorofiliana, a fotossíntese consiste na fabricação de substâncias orgânicas a partir de substâncias inorgânicas, utilizando a luz como fonte de energia para a realização da reação. A substância orgânica sintetizada é a glicose, um importante alimento orgânico utilizado como fonte de energia. Assim, os seres fotossintetizantes são capazes de fabricar esse tipo de alimento em seu próprio corpo, a partir de substâncias inorgânicas obtidas do meio ambiente. Trata-se, portanto, de um mecanismo de nutrição autótrofa (autotrófica), realizado pelas algas, pelas plantas e por algumas espécies de bactérias.

A fotossíntese realizada pelas algas e pelas plantas (briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas) pode ser representada pela seguinte equação geral:

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{Clorofila}]{\text{Luz}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

O CO_2, um dos reagentes do processo, normalmente é obtido a partir do meio ambiente. As plantas terrestres o absorvem da atmosfera, enquanto as plantas aquáticas submersas o obtêm do meio aquoso (absorvem o CO_2 que se encontra dissolvido na água). Vale lembrar, entretanto, que, dependendo da intensidade luminosa recebida pela planta, o CO_2 utilizado na fotossíntese pode ser proveniente da reação da respiração aeróbia realizada pelas próprias células do vegetal.

A água (H_2O), outro reagente do processo, também é obtida a partir do meio ambiente. As plantas terrestres geralmente a absorvem do solo por meio de suas raízes, enquanto as aquáticas a retiram do próprio meio aquoso em que se encontram.

A luz utilizada como fonte de energia é a solar, embora já se tenha demonstrado experimentalmente que a reação fotossintética também pode ocorrer com luz artificial, porém de maneira pouco intensa.

A clorofila é um pigmento verde dos vegetais que contém magnésio (Mg) em sua molécula. Exerce um papel fundamental para a realização da fotossíntese, uma vez que é a substância responsável pela absorção da luz.

Existem diferentes tipos de clorofila (a, b, c, d). Todas são muito parecidas quimicamente, apresentando apenas pequenas diferenças na estrutura molecular e no grau de tonalidade da cor verde. Veja os exemplos a seguir:

Tipos de clorofila	Fórmula molecular	Cor
Clorofila **a**	$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$	Verde-azulada
Clorofila **b**	$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$	Verde-amarelada

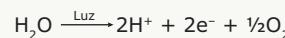
Como sabemos, a luz branca, na realidade, resulta da combinação de diversas radiações (infravermelha, vermelha, laranja, amarela, verde, azul, anil, violeta e ultravioleta), que possuem diferentes comprimentos de onda. As radiações vermelha, laranja, amarela, verde, azul, anil e violeta compõem o chamado “espectro visível”, porque são as radiações que conseguimos enxergar quando a luz se decompõe ao atravessar um prisma.

Quando a luz solar incide na planta, as moléculas de clorofila não absorvem toda a radiação presente com a mesma intensidade. Através de um aparelho chamado espectrofotômetro, constatou-se que os comprimentos de onda vermelho e azul são os mais intensamente absorvidos pela clorofila, enquanto os comprimentos de onda verde e amarelo são os menos absorvidos. Aliás, a absorção da luz verde é quase nula. A clorofila reflete quase toda radiação verde e, por isso, nós a enxergamos dessa cor.

Comprimentos de onda da radiação do espectro visível e intensidade de absorção desses comprimentos de onda pela clorofila *– Observe que a absorção pelas clorofilas* ***a*** *e* ***b*** *se faz com maior intensidade nas faixas de comprimentos de onda correspondentes ao azul e ao vermelho. Os comprimentos de onda são medidos em nanômetros (nm) ou micrômetros (μm). 1 nm = 0,001; μm = 0,000001 mm.*

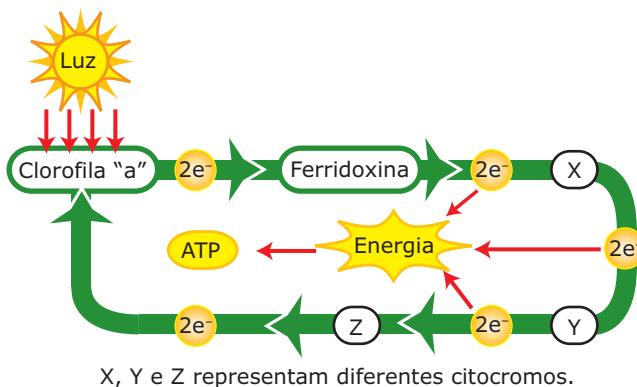
Um dos produtos da reação de fotossíntese das plantas é o oxigênio (O_2). Esse oxigênio, indispensável à sobrevivência dos seres aeróbios, normalmente, é liberado no meio ambiente e, por isso, se diz que a fotossíntese desempenha um papel importante na “purificação” do meio ambiente, retirando deste o CO_2 e liberando nele o O_2.

Em certas situações, entretanto, a planta não chega a liberar o O_2 para o meio ambiente, utilizando-o para fazer a respiração aeróbia.

A fabricação da glicose ($C_6H_{12}O_6$) é o principal objetivo da reação, uma vez que a planta utiliza essa substância como alimento. A planta a usa na respiração celular e também como matéria-prima para fabricação de outros compostos orgânicos de que necessita. Em certas situações, a planta produz mais glicose do que consome. Nesse caso, o excesso da produção é armazenado sob a forma de amido que, quando houver necessidade, será também utilizado. Lembre-se de que o amido é o material de reserva dos vegetais.

A fotossíntese das plantas é realizada em duas etapas ou fases: **fase clara** e **fase escura**.

Fase clara (fase luminosa, etapa fotoquímica)

É a primeira etapa da reação de fotossíntese e só se realiza em presença de luz. Os principais fenômenos que ocorrem nessa etapa são: absorção e utilização da luz, fotólise da água com liberação de O_2 e íons H^+, síntese de ATP através das fotofosforilações cíclica e acíclica e formação de $NADPH_2$ ($NADPH + H^+$).

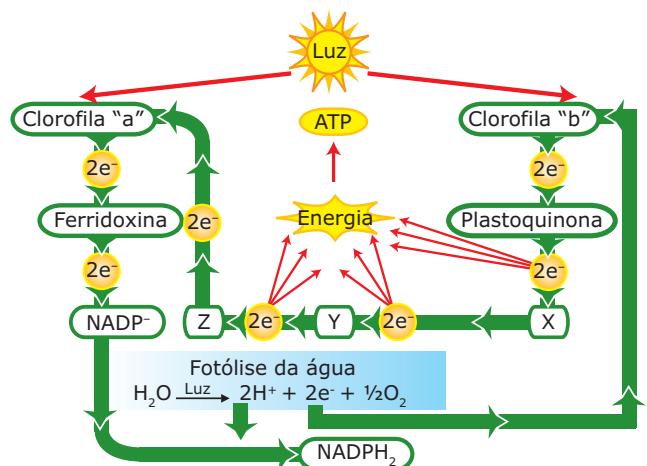
A luz absorvida é utilizada na fotólise da água e nas fotofosforilações.

- **Fotólise da água (reação de Hill)** – Consiste na decomposição (“quebra”) das moléculas de água, utilizadas como reagentes, sob a ação da luz, conforme mostra a equação representada a seguir:

$$H_2O \xrightarrow{\text{Luz}} 2H^+ + 2e^- + ½O_2$$

Fotólise da água *– Os íons hidrogênio ($2H^+$) provenientes dessa decomposição serão utilizados na formação do composto $NADPH_2$. O NADP (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato), à semelhança do NAD, que atua nas reações da respiração celular, é um aceptor e transportador de hidrogênios. Na fotossíntese, as moléculas de NADP recebem os hidrogênios liberados durante as reações da fase clara, levando-os para participar das reações da fase escura, nas quais serão liberados e utilizados na síntese da glicose. Cada molécula de água que sofre fotólise libera $2H^+$, permitindo a formação de uma molécula de $NADPH_2$. Como são doze moléculas de água ($12H_2O$) utilizadas na reação, a fotólise de todas elas libera 24 H^+, permitindo, assim, a formação de $12NADPH_2$. O oxigênio ($½O_2$) normalmente será liberado no meio. A fotólise de apenas uma molécula de água libera $½O_2$. Como são 12 moléculas de água ($12H_2O$) utilizadas na reação, a fotólise de todas elas libera $6O_2$. Portanto, o oxigênio liberado pela reação da fotossíntese realizada pelas algas e plantas provém da água. A origem desse O_2 pode ser demonstrada fornecendo-se água contendo o isótopo O^{18} (“oxigênio marcado”) a uma planta. Verifica-se que as moléculas de O_2 liberadas pela reação conterão em sua composição o O^{18}. Por outro lado, fornecendo-se a uma planta CO_2 com esse “oxigênio marcado”, nenhum oxigênio liberado pela fotossíntese conterá o O^{18}. Isso demonstra que o O_2 liberado pela fotossíntese das plantas provém da água e não do CO_2, como se pensava antigamente. Os elétrons liberados pela reação da fotólise da água serão transferidos para moléculas de clorofila do tipo* ***b****. Isso ocorrerá na fotofosforilação acíclica que veremos logo a seguir.*

- **Fotofosforilação** – É um processo de formação de ATP que usa energia primariamente originária da luz para unir o ADP a um P_i (fosfato inorgânico). Pode ser cíclica ou acíclica.

A fotofosforilação cíclica é realizada com a participação apenas da clorofila do tipo **a** e tem como objetivo a síntese de ATP. Resumidamente, pode ser esquematizada da seguinte maneira:

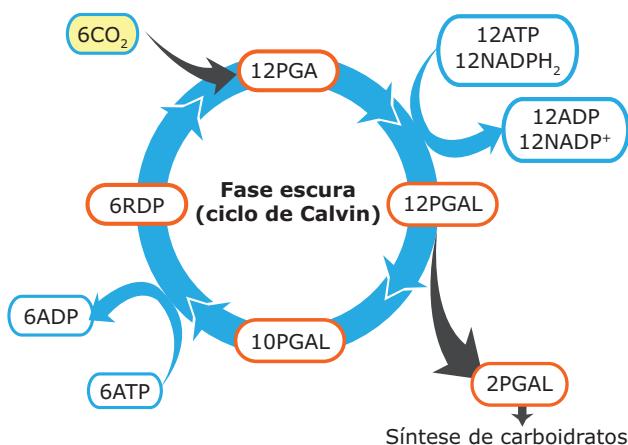
X, Y e Z representam diferentes citocromos.

Fotofosforilação cíclica *– Elétrons da clorofila **a** absorvem luz, tornam-se mais energéticos e saem da molécula clorofiliana. Podemos dizer que a clorofila **a**, ao absorver luz, torna-se oxidada, isto é, perde elétrons. Ao saírem da clorofila **a**, os elétrons "excitados" (com excesso de energia) são captados por um aceptor, a ferridoxina (uma proteína conjugada que tem ferro em seu grupo prostético). Assim, podemos dizer que a ferridoxina é um aceptor primário de elétrons, ou seja, é a primeira substância que recebe os elétrons assim que eles saem da clorofila. Da ferridoxina, os elétrons são transferidos para uma cadeia de citocromos. Ao passarem de um citocromo para outro, os elétrons liberam a energia em excesso e retornam para a mesma molécula de clorofila da qual saíram. A energia liberada por esses elétrons, quando ocorre a passagem dos mesmos pela cadeia de citocromos, é utilizada para fazer a fosforilação, isto é, ligar ADP + P_i, sintetizando, assim, o ATP. O objetivo da fotofosforilação cíclica é a síntese do ATP. O ATP produzido durante a fotofosforilação cíclica será, por sua vez, utilizado na 2ª etapa da fotossíntese, na qual será degradado em ADP + P_i, fornecendo energia para as reações da fase escura.*

A fotofosforilação acíclica envolve a participação de dois tipos de clorofila (clorofila do tipo **a** e clorofila do tipo **b**) e também do NADP, tendo como objetivos a síntese de ATP e a síntese do $NADPH_2$.

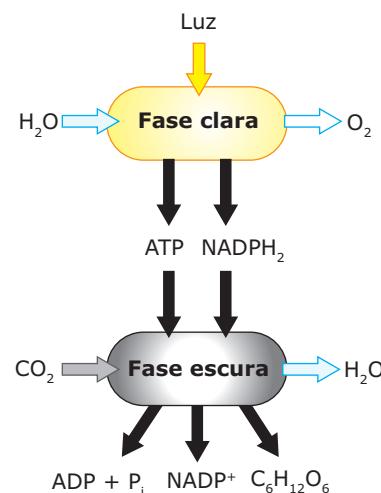
O ATP produzido nesse tipo de fotofosforilação terá o mesmo destino daquele produzido na fotofosforilação cíclica, ou seja, será degradado em ADP + P_i, na 2ª etapa da fotossíntese, para fornecer energia às reações da fase escura. Já o NADP (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato) receberá os hidrogênios liberados da fotólise da água, levando-os para a fase escura, onde esses hidrogênios serão liberados e utilizados na síntese da glicose. O NADP, portanto, é um aceptor e transportador de hidrogênios.

O processo da fotofosforilação acíclica está esquematizado a seguir:

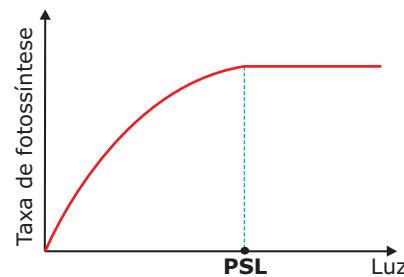
Fotofosforilação acíclica *– Na fotofosforilação acíclica, elétrons das clorofilas **a** e **b** absorvem luz e se tornam excitados. Ao saírem das moléculas das clorofilas, esses elétrons seguem os seguintes caminhos: os elétrons que saem da clorofila **a** são captados pela ferridoxina que, em seguida, os entrega ao NADP. Ao receber esses elétrons, o NADP passa à condição de $NADP^-$, isto é, NADP reduzido. Em seguida, o $NADP^-$ se junta aos dois íons H^+ provenientes da fotólise da água, formando com eles o $NADPH_2$. Assim, os hidrogênios que agora fazem parte do $NADPH_2$ estavam anteriormente na molécula de água (H_2O). Nesses hidrogênios, estão os elétrons que saíram da clorofila **a**. O $NADPH_2$ irá liberar esses hidrogênios nas reações da fase escura (2ª etapa da fotossíntese), para que eles possam ser utilizados na síntese da glicose. Os elétrons que saem da clorofila **b** são captados por um aceptor chamado plastoquinona que, posteriormente, os entrega a uma cadeia de citocromos. Ao passarem de um citocromo para outro, esses elétrons liberam gradativamente o excesso de energia que possuem. Essa energia será utilizada para promover a fosforilação do ADP (ADP + P_i), fabricando, assim, o ATP. Após passarem pela cadeia de citocromos e descarregarem o excesso de energia, os elétrons que saíram da clorofila **b** penetram na molécula de clorofila **a**, estabilizando-a. Observe que os elétrons que entram na clorofila **a**, ao término desse processo, não são os mesmos que dela saíram. Lembre-se de que os elétrons que saíram da clorofila **a**, agora, estão nos hidrogênios do $NADPH_2$. Para estabilizar a clorofila **b**, essa molécula recebe os elétrons provenientes da fotólise da água. Veja que os elétrons que penetram na clorofila **b** também não são os mesmos que dela saíram no princípio do processo. Nas células eucariotas fotossintetizantes, as moléculas de clorofila, os aceptores de elétrons e as enzimas que participam das reações da fase clara encontram-se organizados nas membranas dos cloroplastos, formando unidades funcionais chamadas fotossistemas. Existem dois tipos de fotossistemas: fotossistema I (PS I) e fotossistema II (PS II).*

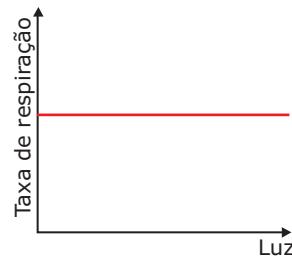
O fotossistema I localiza-se, preferencialmente, nas membranas intergranas, em contato direto com o estroma, e absorve luz de comprimento de onda correspondente a 700 nm. Por isso, também é chamado de fotossistema P700.

O fotossistema II localiza-se nas membranas dos tilacoides e absorve, principalmente, a luz, cujo comprimento de onda é de 680 nm. Por isso, também é denominado fotossistema P680.

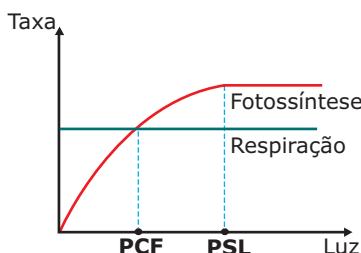
A fotofosforilação cíclica envolve apenas o fotossistema I, enquanto a acíclica é feita com a participação dos dois fotossistemas (I e II). Ao que tudo indica, a fotofosforilação cíclica é uma via alternativa para produção de ATP, sendo realizada apenas quando há pequena quantidade de NADP, ou seja, se não houver NADP disponível para receber os elétrons, a ferridoxina os transfere para um conjunto de citocromos, do qual partem em direção à mesma clorofila de que saíram.

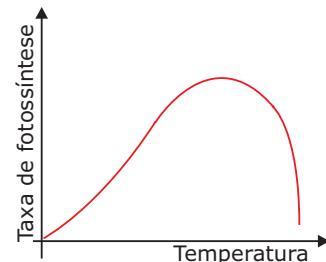
Fase escura (fase de Blackman, fase enzimática, etapa química)

É a segunda etapa da reação de fotossíntese. Independe da luz para ocorrer, porém depende da ocorrência da primeira etapa. Os principais fenômenos dessa etapa são: fixação do CO_2, formação de PGA, formação de PGAL, formação de H_2O, ciclo das pentoses, utilização do $NADPH_2$, utilização do ATP e síntese da glicose.

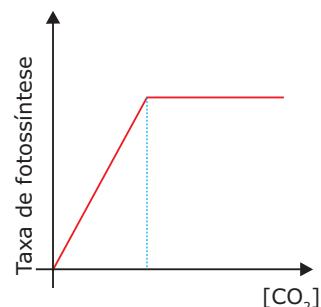
As reações da fase escura podem ser resumidas de acordo com o esquema a seguir:

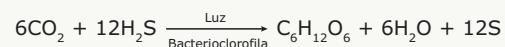
Fase escura da fotossíntese *– Os 6CO_2 reagem com 6 moléculas de RDP (ribulose difosfato) ou RuBP (ribulose bifosfato), uma pentose existente no interior das células vegetais. Essa reação produz 12 moléculas de PGA (ácido fosfoglicérico ou fosfoglicerato) e 6H_2O. Como PGA possui 3 carbonos, o ciclo de Calvin é também chamado de ciclo C3, e as plantas que o possuem são chamadas de plantas C3. Num segundo momento, as 12 moléculas de PGA recebem hidrogênio (H_2) das 12 moléculas de $NADPH_2$ provenientes da fase clara. Cada molécula de PGA recebe um H_2. Essa reação utiliza energia proveniente da degradação do ATP. Ao receber um H_2, cada molécula de PGA transforma-se em uma triose, o PGAL (aldeído fosfoglicérico). Assim, formam-se 12 moléculas de PGAL. Destas, 2 se unirão para formar a glicose ($C_6H_{12}O_6$), e as outras 10 reagirão umas com as outras, reconstituindo as 6 moléculas da pentose ribulose. As pentoses que foram utilizadas no início da fase escura são, portanto, reconstituídas ao final do processo, chamado ciclo das pentoses ou ciclo de Calvin.*

Podemos resumir as fases clara e escura da fotossíntese realizada pelas plantas por meio do seguinte esquema:

A fase clara usa luz e água (H_2O) e produz oxigênio (O_2), ATP e $NADPH_2$. A fase escura usa gás carbônico (CO_2), ATP e $NADPH_2$, produzindo água e glicose ($C_6H_{12}O_6$).

Muitos fatores ambientais influenciam a velocidade com que a planta realiza a fotossíntese. A intensidade dessa reação pode ser medida pela quantidade de O_2 liberada ou pela quantidade de CO_2 produzida pela planta em um certo intervalo de tempo.

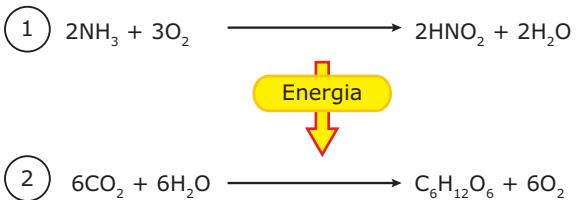
Entre os fatores ambientais (fatores externos) que influenciam a velocidade da fotossíntese, temos: a intensidade de luz que a planta recebe; a temperatura ambiental; a concentração de CO_2 no meio onde se encontra a planta; e a disponibilidade de água no ambiente.

Influência da intensidade luminosa sobre a velocidade da fotossíntese *– Desde que as demais condições sejam mantidas constantes, partindo-se de uma intensidade luminosa igual a zero, à medida que a intensidade luminosa oferecida à planta aumenta, a velocidade da reação de fotossíntese também aumenta, até atingir um limite máximo, quando, então, se estabiliza. A intensidade de luz, em que a velocidade da reação é máxima e se estabiliza, é denominada ponto de saturação lumínica ou ponto de saturação luminosa (PSL).*

Para manter-se viva, a planta também precisa respirar e, ao contrário do que acontece na fotossíntese, tudo indica que a intensidade de luz não interfere na velocidade da reação da respiração, conforme mostra o gráfico a seguir:

Influência da intensidade luminosa sobre a velocidade da respiração celular *– Qualquer que seja a intensidade de luz, a taxa de respiração permanece a mesma.*

Ao realizar a respiração aeróbia, a planta faz exatamente o contrário do que faz na fotossíntese, ou seja, consome oxigênio (O_2) e glicose ($C_6H_{12}O_6$) e libera gás carbônico (CO_2).

Comparação entre a fotossíntese e a respiração aeróbia das plantas *– Observe que existe uma determinada intensidade luminosa em que a velocidade com que a planta realiza a fotossíntese é igual à velocidade com que faz a respiração. A intensidade luminosa em que há esse equilíbrio entre fotossíntese e respiração é o ponto de compensação fótico (PCF). Quando está recebendo uma intensidade de luz correspondente ao seu PCF, a planta encontra-se em equilíbrio energético, pois toda a glicose produzida pela fotossíntese será consumida pela respiração, não havendo, portanto, saldo energético. Também no PCF, todo o O_2 produzido e liberado pela fotossíntese será utilizado na respiração, e todo o CO_2 produzido pela respiração será consumido pela fotossíntese. Assim, fica claro que a planta, para sobreviver, não pode permanecer por um longo período recebendo uma intensidade luminosa abaixo do PCF, uma vez que, nessa intensidade, o consumo de glicose pela respiração é superior à sua produção pela fotossíntese, o que obriga a planta a utilizar suas reservas de amido. Abaixo do PCF, uma vez esgotadas suas reservas, a planta morre, pois não terá glicose suficiente para atender às suas necessidades metabólicas. Se mantida durante um certo tempo recebendo uma intensidade luminosa correspondente ao seu PCF, a planta sobrevive, porém não cresce, uma vez que toda a matéria orgânica que for produzida pela fotossíntese será consumida pela respiração. Uma planta, para crescer, precisa acumular matéria orgânica e, para isso, precisa realizar mais fotossíntese do que respiração.*

O ponto de compensação fótico não é o mesmo para todas as espécies de plantas. As heliófilas (plantas de sol), por exemplo, têm um ponto de compensação fótico elevado e, por isso, só conseguem viver em locais de alta luminosidade. As umbrófilas (plantas de sombra), ao contrário, possuem um ponto de compensação fótico baixo, isto é, necessitam de menor intensidade de luz e, por isso, conseguem se adaptar e sobreviver em ambientes sombreados.

Influência da temperatura sobre a velocidade da reação de fotossíntese *– O gráfico mostra que, partindo-se de uma temperatura inicial baixa e mantendo-se constantes as condições de água, intensidade luminosa e concentração de CO_2, o aumento da temperatura estimula o aumento da velocidade fotossintética até um certo ponto, no qual a velocidade da reação atinge um valor máximo: é a chamada temperatura ótima da reação. Acima da temperatura ótima, a velocidade começa a diminuir, devido ao processo de desnaturação das enzimas que atuam na reação, em especial na fase escura.*

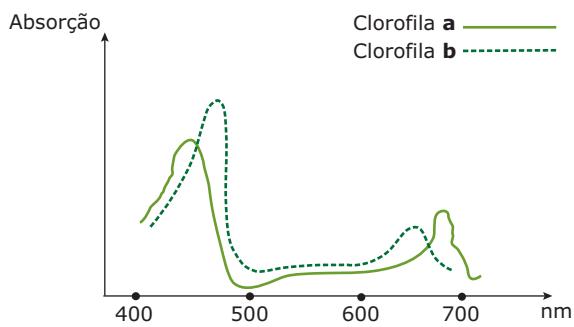
Influência da concentração de CO_2 no meio sobre a velocidade da reação de fotossíntese *– Mantendo-se constantes todas as condições, à medida que a concentração de CO_2 aumenta, a partir de uma concentração inicial igual a zero, a taxa de fotossíntese também aumenta, até atingir uma velocidade máxima, quando, então, se estabiliza.*

FOTOSSÍNTESE DAS BACTÉRIAS

A fotossíntese realizada pelas cianobactérias é semelhante à realizada pelas plantas, ou seja, usa água como um dos reagentes e, consequentemente, libera O_2. Entretanto, existem algumas bactérias fotossintetizantes que vivem em água sulfurosa e usam, como reagentes, o CO_2 e o gás sulfídrico (H_2S), conforme mostra a equação a seguir:

$$6CO_2 + 12H_2S \xrightarrow[\text{Bacterioclorofila}]{\text{Luz}} C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 12S$$

Essas bactérias fotossintetizantes possuem um pigmento semelhante à clorofila das plantas, denominado bacterioclorofila, que absorve radiações de comprimento de onda correspondente ao infravermelho (fora do espectro da luz visível ao olho humano). Observe que a fotossíntese dessas bactérias não utiliza água como reagente e, consequentemente, não libera O_2. No lugar da água, utiliza o H_2S como fonte de hidrogênio para a síntese da glicose. O enxofre produzido pela degradação do H_2S forma grânulos que se acumulam temporariamente no citoplasma da célula bacteriana até serem excretados.

QUIMIOSSÍNTESE

Também é um processo de nutrição autótrofa (autotrófica) que consiste na fabricação de substâncias orgânicas a partir de substâncias inorgânicas, utilizando energia proveniente de uma reação de oxidação ("energia de oxidação"). É realizada por muitas espécies de bactérias. Veja o exemplo a seguir:

A reação 1 é uma reação de oxidação da amônia (NH_3) em que há liberação de energia ("energia de oxidação"). A energia liberada pela reação 1 é utilizada na reação 2, uma reação de quimiossíntese, que, por sua vez, produz glicose ($C_6H_{12}O_6$), a partir do gás carbônico (CO_2) e da água (H_2O).

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFOP-MG) Com relação à fotossíntese, assinale a afirmativa **CORRETA**.

A) A produção de carboidrato ocorrerá independentemente da etapa fotoquímica, se os cloroplastos forem providos com um suprimento constante de ATP e água.

B) Ao se adicionar H_2O^{18} a uma suspensão de cloroplastos capazes de fazer fotossíntese, a marcação irá aparecer no oxigênio, quando a suspensão for exposta à luz.

C) Na fase de escuro, a energia solar captada pela clorofila é utilizada para sintetizar ATP, a partir de ADP e Pi (fosfato inorgânico).

D) A membrana tilacoide é a sede das reações do escuro, enquanto no estroma ocorrem as reações de luz da fotossíntese.

02. (FUVEST-SP) O gráfico e a tabela a seguir mostram as curvas de absorção de energia pelas clorofilas e os comprimentos de onda da luz.

Comprimento de onda em nm	Luz
390-430	violeta
430-500	azul
500-560	verde
560-600	amarela
600-650	laranja
650-760	vermelha

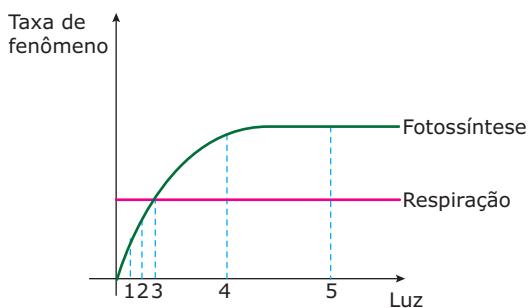
Analisando-os, conclui-se que, teoricamente, obter-se-ia maior produtividade em plantas iluminadas por luz

A) azul.

B) verde.

C) amarela.

D) laranja.

E) vermelha.

03. (PUC Minas) Associe as fases da fotossíntese aos fenômenos que nelas ocorrem.

I. Fase clara

II. Fase escura

( ) Formação de ATP

( ) Redução do CO_2

( ) Liberação de O_2

( ) Formação de $NADPH_2$

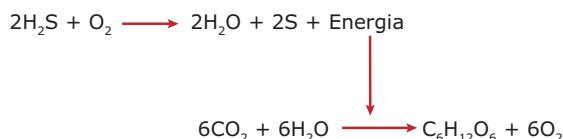
A opção que contém a sequência **CORRETA** encontrada é:

A) I, II, I, II

B) I, I, II, II

C) I, II, I, I

D) II, II, I, II

E) II, I, II, II

04. (PUC Minas) Observe o gráfico a seguir, que representa as taxas de fotossíntese e respiração de um vegetal:

O ponto de compensação desse vegetal corresponde ao número

A) 1.

B) 2.

C) 3.

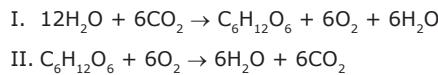
D) 4.

E) 5.

05. (FCMMG)

$2H_2S + O_2 \longrightarrow 2H_2O + 2S + \text{Energia}$

$\downarrow$

$6CO_2 + 6H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

Com relação às reações acima, assinale a opção **CORRETA**.

A) Ocorrem como cadeia no interior de pigmentos.

B) Podem ser consideradas uma reação química de heterotrofismo nutritivo.

C) Por serem um tipo de fotossíntese, só podem se realizar em presença da luz.

D) Realizam-se em seres que, obrigatoriamente, devem ter cor verde.

E) Trata-se da produção de um composto orgânico que pode ser realizada por bactérias.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UNESP–2010) No quadro negro, a professora anotou duas equações químicas, que representam dois importantes processos biológicos, e pediu aos alunos que fizessem algumas afirmações sobre elas.

Equações:

I. $12H_2O + 6CO_2 \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$

II. $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6H_2O + 6CO_2$

- Pedro afirmou que, na equação I, o oxigênio do gás carbônico será liberado para a atmosfera na forma de O_2.
- João afirmou que a equação I está errada, pois o processo em questão não forma água.
- Mariana afirmou que o processo representado pela equação II ocorre nos seres autótrofos e nos heterótrofos.
- Felipe afirmou que o processo representado pela equação I ocorre apenas em um dos cinco reinos: Plantae.
- Patrícia afirmou que o processo representado pela equação II fornece, à maioria dos organismos, a energia necessária para suas atividades metabólicas.

Pode-se dizer que

A) todos os alunos erraram em suas afirmações.

B) todos os alunos fizeram afirmações corretas.

C) apenas as meninas fizeram afirmações corretas.

D) apenas os meninos fizeram afirmações corretas.

E) apenas dois meninos e uma menina fizeram afirmações corretas.

02. (FCMSC-SP) Escrevendo-se que durante a etapa fotoquímica da fotossíntese houve

I. fotólise da água.

II. redução do NADP a $NADPH_2$.

III. fotofosforilação do ATP que passa a ADP.

IV. desprendimento de oxigênio.

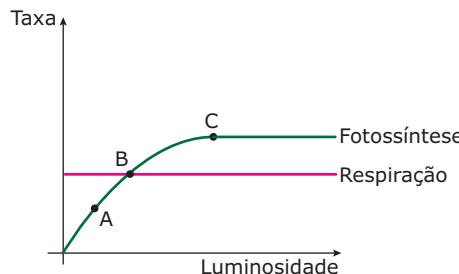
Foi cometido **ERRO**

A) na I e na II.

B) na II, na III e na IV.

C) na II, apenas.

D) na III, apenas.

E) na II e na III.

03. (Unimontes-MG–2010) A fotossíntese significa, etimologicamente, síntese pela luz e pode ser considerada como um dos processos biológicos mais importantes na Terra. As afirmativas a seguir referem-se a esse processo. Analise-as e assinale a **CORRETA**.

A) A temperatura e a morfologia foliar podem interferir na fotossíntese.

B) O processo é considerado catabólico.

C) A fase fotoquímica é a última do processo fotossintético.

D) O processo utiliza energia solar para converter o oxigênio em dióxido de carbono.

04. (PUC Minas) Na fase escura da fotossíntese, há

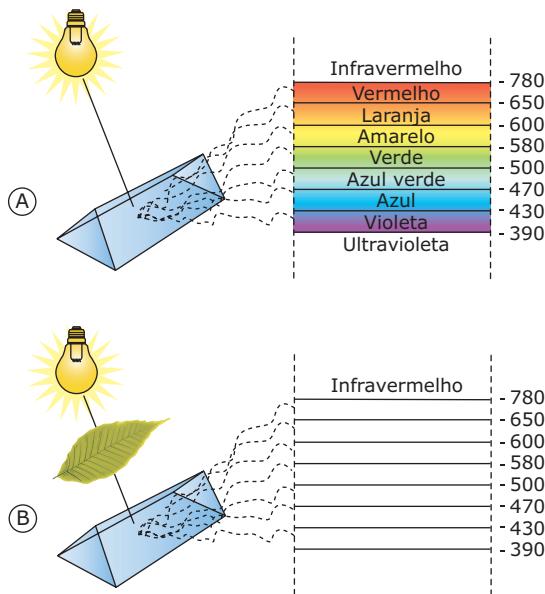
A) quebra de água.

B) produção de ATP.

C) uso de CO_2 e ATP.

D) liberação de oxigênio.

E) fosforilação oxidativa.

05. (PUC Minas) Observe o gráfico a seguir:

Sobre o gráfico anterior, foram feitas três afirmações:

I. Em A, a taxa de fotossíntese é menor que a respiração.

II. Em B, a quantidade de oxigênio produzida pela fotossíntese é igual à consumida pela respiração.

III. Em C, a quantidade de glicose produzida pela fotossíntese é menor do que a consumida pela respiração.

São **VERDADEIRAS** as afirmativas

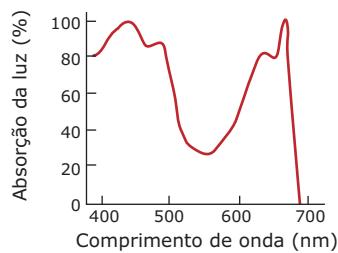
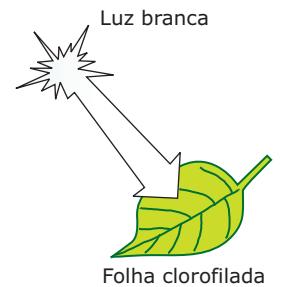
A) I e II, apenas.

B) I e III, apenas.

C) II e III, apenas.

D) I, II e III.

E) I, apenas.

BIOLOGIA

06. (UFMG) Para se saber quais comprimentos de onda (cores do espectro) são absorvidos pelos pigmentos das plantas durante a fotossíntese, foram montados os esquemas A e B.

Com base nos dados dos esquemas e em seus conhecimentos sobre o assunto, indique a alternativa que apresenta as cores que **NÃO** aparecerão no esquema B.

A) Amarela e laranja

B) Azul e vermelha

C) Verde e vermelha

D) Violeta e amarela

E) Violeta e verde

07. (FCMMG)

A luz proveniente do Sol é uma mistura de radiações eletromagnéticas, cujos comprimentos de onda variam, aproximadamente, de 380 nm a 750 nm.

Incidindo esse tipo de luz sobre uma folha clorofilada e analisando o grau de absorção da luz pela folha através do gráfico anteriormente representado, podemos concluir que a faixa correspondente à luz verde está

A) entre 400 e 500 nm.

B) entre 500 e 600 nm.

C) entre 600 e 700 nm.

D) abaixo de 400 e acima de 700 nm.

08. (PUC Minas) A importância da fase luminosa da fotossíntese foi assim resumida de forma original pelo bioquímico Albert Stzent-Gyorgvi: "O que mantém a vida em movimento é uma pequena corrente elétrica mantida pela luz do Sol".

Estão diretamente relacionados com a fase acima citada, **EXCETO**

A) O processo de fotofosforilação cíclica.

B) O processo de fotofosforilação acíclica.

C) Os transportadores de elétrons.

D) A captação de luz pelas clorofilas **a** e **b**.

E) A fixação do CO_2 para produzir glicose.

09. (UFC) Para melhor compreensão do fenômeno biológico, o processo de fotossíntese pode ser dividido em duas etapas: a fotoquímica e a química. Marque a alternativa que contém os respectivos produtos finais dessas etapas.

A) ATP + NADP e amido.

B) Glicose + ADP e $NADPH_2$.

C) ATP + $NADPH_2$ e glicose.

D) ATP + NAD e glicose.

10. (PUC-SP) Assinale, entre as substâncias a seguir relacionadas, a que **NÃO** é necessária para que se realize a fotossíntese.

A) ATP

B) CO_2

C) H_2O

D) Clorofila

E) Glicose

11. (FCMSC-SP) Um pesquisador, estudando fotossíntese, mediu:

I. A quantidade de glicose existente nas folhas de certa planta, nos tempos t_1 e t_2.

II. O volume de água absorvido pela planta no intervalo de tempo $t_2 - t_1$.

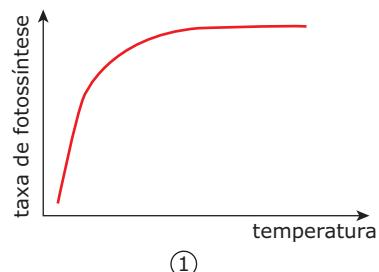
III. O volume de oxigênio eliminado pelas folhas no intervalo de tempo $t_2 - t_1$.

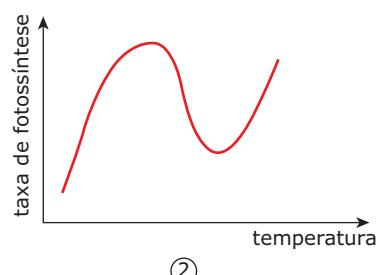
IV. O volume de gás carbônico absorvido pela planta no intervalo de tempo $t_2 - t_1$.

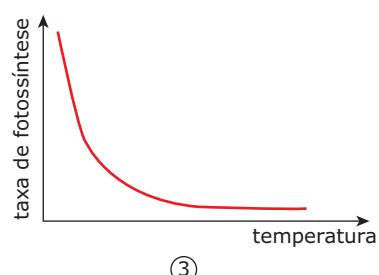
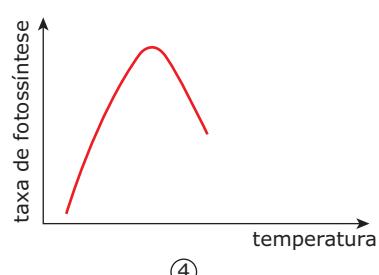
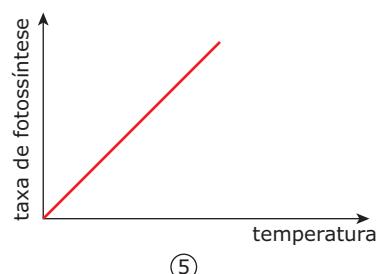
Dessas medidas, as que ele deve utilizar para calcular, com menor margem de erro, a taxa de fotossíntese dessa planta são

A) I e III.
B) I e IV.
C) II e III.
D) II e IV.
E) III e IV.

12. (UDESC) Quimiossíntese é a produção de matéria orgânica, realizada a partir de substâncias minerais simples, usando energia química e é

A) realizada por todos os vegetais.
B) realizada somente pelos animais.
C) realizada pelos vírus.
D) realizada por todos os animais e alguns vegetais.
E) realizada por pequeno número de bactérias autotróficas.

13. (VUNESP) A produção de açúcar poderia ocorrer independentemente da etapa fotoquímica da fotossíntese, se os cloroplastos fossem providos com um suplemento constante de

A) clorofila.
B) ATP e $NADPH_2$.
C) ADP e NADP.
D) oxigênio.
E) água.

14. (UERJ) A procura de formas de vida em nosso sistema solar tem dirigido o interesse de cientistas para Io, um dos satélites de Júpiter, que é coberto por grandes oceanos congelados. As condições na superfície são extremamente agressivas, mas supõe-se que, em grandes profundidades, a água esteja em estado líquido e a atividade vulcânica submarina seja frequente.

Considerando que tais condições são similares às do bioma abissal da Terra, **APONTE** o tipo de bactéria que poderia ter se desenvolvido em Io e **INDIQUE** como esse tipo de bactéria obtém energia para a síntese de matéria orgânica.

15. (CEFET-MG–2011) Analise os gráficos abaixo.

O gráfico que representa, **CORRETAMENTE**, a influência da temperatura sobre a fotossíntese é o de número

A) 1.
B) 2.
C) 3.
D) 4.
E) 5.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2009) A fotossíntese é importante para a vida na Terra. Nos cloroplastos dos organismos fotossintetizantes, a energia solar é convertida em energia química que, juntamente com água e gás carbônico (CO_2), é utilizada para a síntese de compostos orgânicos (carboidratos). A fotossíntese é o único processo de importância biológica capaz de realizar essa conversão. Todos os organismos, incluindo os produtores, aproveitam a energia armazenada nos carboidratos para impulsionar os processos celulares, liberando CO_2 para a atmosfera e água para a célula por meio da respiração celular. Além disso, grande fração dos recursos energéticos do planeta, produzidos tanto no presente (biomassa) como em tempos remotos (combustível fóssil), é resultante da atividade fotossintética.

As informações sobre obtenção e transformação dos recursos naturais por meio dos processos vitais de fotossíntese e respiração, descritas no texto, permitem concluir que

A) o CO_2 e a água são moléculas de alto teor energético.
B) os carboidratos convertem energia solar em energia química.
C) a vida na Terra depende, em última análise, da energia proveniente do Sol.
D) o processo respiratório é responsável pela retirada de carbono da atmosfera.
E) a produção de biomassa e de combustível fóssil, por si, é responsável pelo aumento de CO_2 atmosférico.

02. (Enem–2010) Um molusco, que vive no litoral oeste dos EUA, pode redefinir tudo o que se sabe sobre a divisão entre animais e vegetais. Isso porque o molusco (*Elysia chlorotica*) é um híbrido de bicho e planta. Cientistas americanos descobriram que o molusco conseguiu incorporar um gene das algas e, por isso, desenvolveu a capacidade de fazer fotossíntese. É o primeiro animal a se “alimentar” apenas de luz e CO_2 como as plantas.

GARATONI, B. *Superinteressante*. Edição 276, mar. 2010 (Adaptação).

A capacidade de o molusco fazer fotossíntese deve estar associada ao fato de o gene incorporado permitir que ele passe a sintetizar

A) clorofila, que utiliza a energia do carbono para produzir glicose.
B) citocromo, que utiliza a energia da água para formar oxigênio.
C) clorofila, que doa elétrons para converter gás carbônico em oxigênio.
D) citocromo, que doa elétrons da energia luminosa para produzir glicose.
E) clorofila, que transfere a energia da luz para compostos orgânicos.

GABARITO

Fixação

01. B
02. A
03. C
04. C
05. E

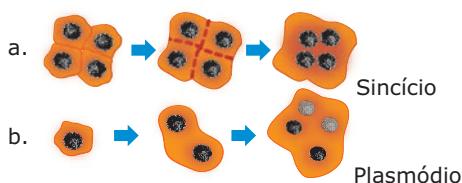
Propostos

01. C
02. D
03. A
04. C
05. A
06. B
07. B
08. E
09. C
10. E
11. E
12. E
13. B
14. Bactérias quimiossintetizantes, que obtêm energia da oxidação de substâncias inorgânicas para realizar a síntese de matéria orgânica.
15. D

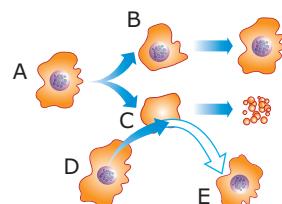
Seção Enem

01. C
02. E

BIOLOGIA

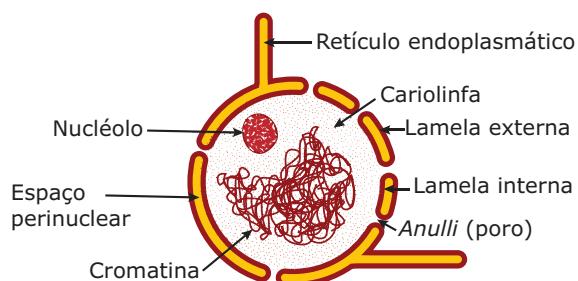
MÓDULO 10 FRENTE A

O núcleo celular

O estudo particular do núcleo celular denomina-se cariologia. Nas células procariotas, devido à ausência da carioteca, não existe núcleo individualizado, estando o material cromossômico (cromossomo) em contato direto com o hialoplasma. Muitos autores denominam de nucleoide a região da célula procariota na qual se localiza o material cromossômico. Alguns chegam mesmo a dizer que a célula procariota não tem núcleo. As células eucariotas, por sua vez, apresentam um núcleo organizado ou individualizado, o material nuclear, que é representado principalmente pelos cromossomos e encontra-se num espaço delimitado pela carioteca (membrana nuclear).

Em geral, as células eucariotas possuem um único núcleo, mas podem existir células com mais de um núcleo e até células desprovidas de núcleo. Assim, quanto ao número e à presença ou não do núcleo, as células eucariotas podem ser:

A) **Mononucleadas (uninucleadas)** – Possuem um único núcleo. Constituem a maioria das células.

B) **Binucleadas** – Possuem dois núcleos. Muitas vezes, os dois núcleos presentes na célula são de tamanhos diferentes, sendo o maior denominado macronúcleo e o menor, micronúcleo. Um bom exemplo de células desse tipo são as dos protozoários ciliados, como o *Paramecium*.

C) **Polinucleadas (multinucleadas)** – Possuem vários núcleos. Conforme a sua origem ou modo de formação, as células polinucleadas podem ser **sincícios** ou **plasmódios**.

***Formação das células multinucleadas** – **a.** Sincícios são massas citoplasmáticas multinucleadas, formadas a partir da união de várias células mononucleadas justapostas que perderam as suas membranas laterais, como as células da placenta humana. **b.** Plasmódios são massas citoplasmáticas multinucleadas, formadas a partir de uma única célula mononucleada que cresce e sofre várias divisões nucleares sem que ocorra a divisão do citoplasma. As fibras musculares esqueléticas são bons exemplos de plasmódio.*

D) **Anucleadas** – Não possuem núcleo. São raras. Exemplificando, temos as hemácias circulantes (glóbulos vermelhos) dos mamíferos e as células dos vasos liberianos (condutores da seiva elaborada) dos vegetais vasculares.

Além de conter os fatores hereditários (genes), o núcleo controla as atividades metabólicas da célula. Essa função controladora do núcleo foi demonstrada através dos experimentos de merotomia, realizados por Balbiani no final do século XIX.

***Experiência de Balbiani** – A merotomia consiste na secção de uma célula viva para que se possa estudar as modificações sofridas pelos fragmentos celulares resultantes. Em sua experiência, Balbiani trabalhou com amebas. Uma ameba (A) foi seccionada em dois fragmentos: um deles nucleado (B) e o outro anucleado (C). O fragmento anucleado, depois de algum tempo, acaba morrendo por ter perdido a capacidade de síntese proteica, tornando impraticáveis a regeneração, o crescimento e a reprodução. O fragmento nucleado, por sua vez, sobrevive e regenera a parte perdida. Por outro lado, se o fragmento anucleado (C) receber um núcleo transplantado de uma outra ameba (D), ele sobrevive e regenera toda uma nova ameba (E).*

COMPONENTES DO NÚCLEO

Núcleo e suas estruturas

Membrana nuclear

Denominada, também, carioteca, cariomembrana e envelope nuclear, caracteriza-se por ser uma membrana lipoproteica constituída por duas lamelas (interna e externa), entre as quais existe o espaço perinuclear. Acha-se em comunicação com os canais do retículo endoplasmático e possui poros denominados *anulli*, que permitem a comunicação entre o material nuclear e o citoplasma. Através desses poros, ocorre o intercâmbio de substâncias diversas entre o núcleo e o citoplasma, inclusive de macromoléculas.

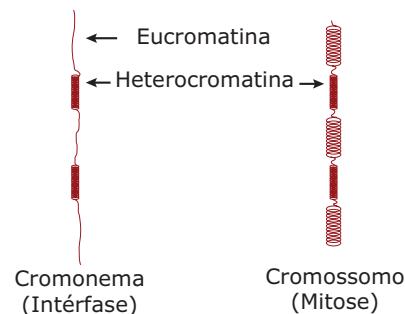
Retículo nucleoplasmático

De descoberta recente, é uma estrutura contínua e similar ao retículo endoplasmático, existente no citoplasma. É uma organela nuclear formada por redes de tubos ramificados, relacionados com o armazenamento e controle de cálcio intracelular.

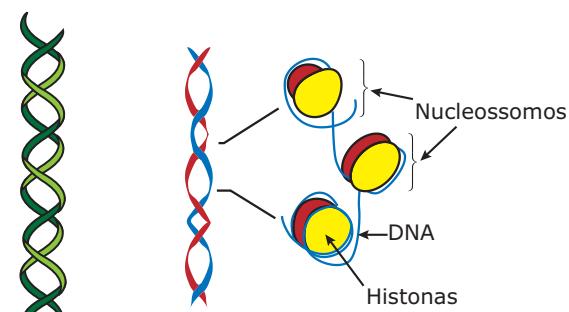
Nucleoplasma (carioplasma, cariolinfa, suco nuclear)

Material semelhante ao hialoplasma, constituído basicamente por água e proteínas. Nele, mantêm-se suspensos os chamados elementos figurados nucleares, representados pelos nucléolos e pela cromatina.

Nucléolo (plasmossomo)

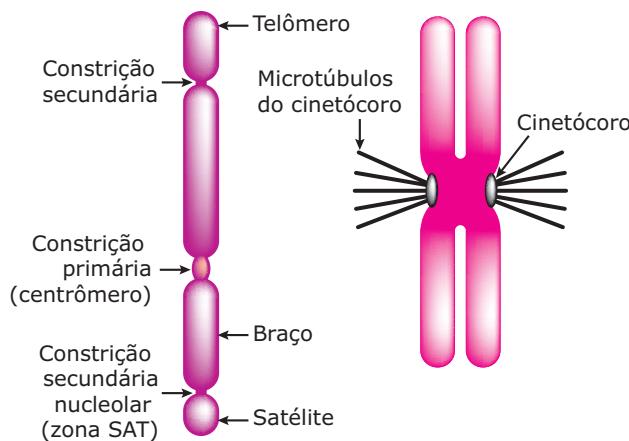
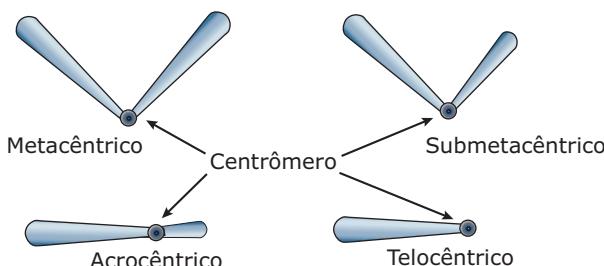
Corpúsculo constituído pelo acúmulo de RNA-ribossômico (RNA-r) associado a algumas proteínas simples. Em determinados momentos do ciclo de vida celular, mais precisamente na fase inicial da divisão celular, as moléculas de RNA-r do nucléolo espalham-se e migram para o citoplasma, onde se combinam com proteínas para formar os ribossomos. Na fase final da divisão, novas moléculas de RNA-r são sintetizadas e se unem, fazendo surgir novos nucléolos nas células. Numa célula, poderá existir mais de um nucléolo por núcleo.

Cromatina

Substância resultante da associação entre histonas (proteínas simples) e DNA. É, portanto, uma desoxirribonucleoproteína e representa o material genético contido no núcleo.

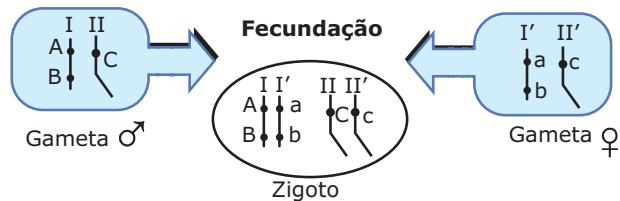
Quando a célula se encontra em intérfase (fase em que a célula não está em processo de divisão), a cromatina organiza-se, formando uma rede de finíssimos filamentos que se entrelaçam. Nesses filamentos de cromatina, que alguns autores chamam de cromonemas, distinguimos regiões bastante distendidas e algumas regiões mais condensadas. As regiões mais distendidas são denominadas de eucromatina e as regiões espiraladas, heterocromatina.

Quando se observa o núcleo no microscópio, as regiões de heterocromatina, por estarem mais condensadas, coram-se mais em presença de corantes básicos (hematoxilina, por exemplo) e, assim, aparecem, no núcleo, algumas manchas mais coradas que, muitas vezes, são confundidas com os nucléolos. Por isso, essas manchas mais coradas, que correspondem a regiões de heterocromatina, são conhecidas por falsos nucléolos (cariossomos, cromocentros).

Durante a divisão celular (mitose ou meiose), as regiões de eucromatina, que na intérfase se encontravam distendidas, sofrem uma intensa espiralização, enquanto as regiões de heterocromatina permanecem praticamente inalteradas. Com isso, os filamentos tornam-se mais curtos, mais grossos, mais visíveis e passam a ser chamados de cromossomos.

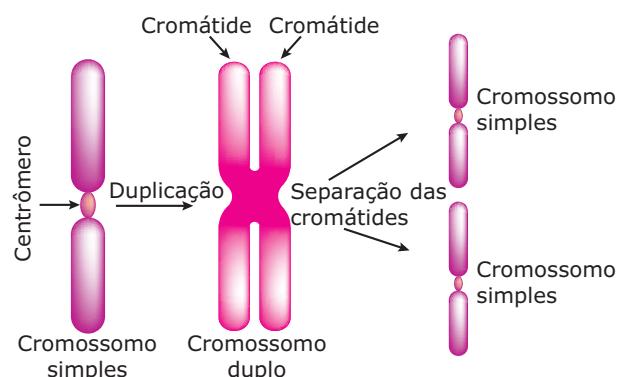
Os filamentos de cromatina da intérfase e os cromossomos da divisão celular representam dois aspectos morfológicos e fisiológicos da mesma estrutura em momentos diferentes do ciclo de vida da célula.

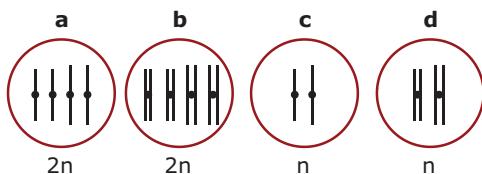
Cada cromossomo é formado por uma única e longa molécula de DNA. Em certas regiões, essa molécula enrola-se em volta de proteínas chamadas histonas. Um conjunto de oito unidades de histonas com o DNA em volta é chamado de nucleossoma.

Formação dos nucleossomos

OBSERVAÇÃO

- Nas células procariotas, o cromossomo não apresenta histonas associadas ao DNA.

Componentes de um cromossomo *– Na espessura dos cromossomos, existem algumas regiões de estreitamento (estrangulamento), denominadas constrições cromossômicas. Essas constrições correspondem às regiões de heterocromatina que já se encontravam levemente espiraladas na intérfase e que permanecem praticamente inalteradas durante a divisão celular. Convencionou-se chamar de constrição primária ou centrômero aquela que, durante a divisão celular, se liga o cinetócoro. O cinetócoro é um corpúsculo discoide de natureza proteica, originário do núcleo celular, onde se prendem microtúbulos do fuso da divisão. Além da constrição primária, os cromossomos podem ter outras constrições, as constrições secundárias, que não possuem cinetócoro. Alguns cromossomos possuem uma constrição secundária conhecida por zona SAT ou constrição secundária nucleolar, que precede uma extremidade globosa do cromossomo, denominada satélite. As extremidades dos cromossomos denominam-se telômeros (telos, fim). Durante as divisões celulares, há perda de alguns nucleotídeos do DNA do telômero, que, então, diminui após cada mitose. Entretanto, por ação de uma enzima, a telomerase, o telômero pode recuperar o seu tamanho original. Assim, a telomerase é capaz de manter constantes o tamanho e as propriedades do telômero. Em células cuja telomerase é alterada ou inibida, os telômeros tornam-se cada vez mais curtos ao longo das sucessivas divisões e, quando chegam a um tamanho mínimo, as células começam a morrer. Isso acontece, por exemplo, nas células em processo de senescência (envelhecimento). O telômero, portanto, relaciona-se ao envelhecimento e ao tempo de vida celular, funcionando como um "relógio molecular".*

De acordo com a posição do centrômero no filamento cromossômico, os cromossomos podem ser: **metacêntricos**, **submetacêntricos**, **acrocêntricos** e **telocêntricos**.

Tipos de cromossomos quanto à posição do centrômero *– Metacêntricos: possuem centrômero localizado na região mediana. Apresentam dois braços do mesmo tamanho. Submetacêntricos: possuem centrômero localizado um pouco deslocado da região mediana. Possuem dois braços de tamanhos diferentes, sendo que um é pouco maior do que o outro. Acrocêntricos: possuem centrômero localizado bem próximo a uma das extremidades. Apresentam dois braços de tamanhos diferentes, sendo que um é bem maior do que o outro. Telocêntricos: possuem centrômero localizado numa das extremidades. Apresentam um único braço.*

Existem células onde os cromossomos se organizam aos pares. Cada par de cromossomos é formado por um cromossomo de origem paterna e outro de origem materna, que contêm genes relacionados com as mesmas características. Esses cromossomos são chamados de cromossomos homólogos.

*Genes **A** e **a** característica X → **A** e **a** são genes alelos.*
*Genes **B** e **b** característica Y → **B** e **b** são genes alelos.*
*Genes **C** e **c** característica Z → **C** e **c** são genes alelos.*
*Cromossomo **I** é homólogo do cromossomo **I'**.*
*Cromossomo **II** é homólogo do cromossomo **II'**.*

As células que possuem pares de cromossomos homólogos são chamadas de células diploides (2n), e as que não possuem pares de cromossomos homólogos são ditas células haploides (n). Os gametas são exemplos de células haploides, enquanto o zigoto é uma célula diploide.

Dizer que o número 2n de uma espécie é igual a 4 (2n = 4), por exemplo, significa dizer que, em cada célula diploide dessa espécie, existem 4 cromossomos distribuídos aos pares. Isto é, em cada célula diploide dessa espécie, existem 2 pares de cromossomos homólogos. Do mesmo modo, quando se diz que o número haploide de uma espécie é igual a 2 (n = 2), em outras palavras, em cada célula haploide dessa espécie existem 2 cromossomos.

Os cromossomos, por terem DNA em sua composição, são estruturas capazes de sofrer duplicação.

Duplicação dos cromossomos *– Dependendo da fase do ciclo celular em que células diploides e haploides se encontram, os cromossomos podem ser simples (constituídos por um único filamento) ou duplos (constituídos por dois filamentos, chamados cromátides, unidos pelo centrômero).*

Não se deve confundir cromossomos duplos com número diploide de cromossomos. Por exemplo: se, numa espécie, o número 2n = 4 e o número n = 2, então, nessa espécie, qualquer célula que tiver 4 cromossomos simples ou 4 cromossomos duplos será uma célula diploide; qualquer célula que tiver 2 cromossomos simples ou 2 cromossomos duplos será haploide. Portanto, podem existir células diploides e haploides com cromossomos simples ou com cromossomos duplos. Veja o exemplo a seguir:

Células pertencentes a uma espécie na qual 2n = 4 *–* ***a.*** *Célula diploide com cromossomos simples;* ***b.*** *Célula diploide com cromossomos duplos;* **c.** *Célula haploide com cromossomos simples;* ***d.*** *Célula haploide com cromossomos duplos.*

Os dados relativos ao número, forma e tamanho dos cromossomos das células diploides de uma espécie constituem o cariótipo da espécie.

O número de cromossomos presentes no cariótipo varia de acordo com a espécie. A tabela a seguir mostra o número diploide (2n) de cromossomos de algumas espécies.

Espécie	Número 2n de cromossomos
Homo sapiens (homem)	46
Pan troglodytes (chimpanzé)	48
Gorilla gorilla (gorila)	48
Canis familiaris (cão)	78
Solanum lycopersicum (tomate)	24
Oryza sativa (arroz)	24
Solanum tuberosum (batata)	48

Ao observar a tabela anterior, conclui-se que o número de cromossomos:

- Não é o mesmo para todas as espécies.
- Não é critério para se identificar uma espécie, uma vez que espécies diferentes podem apresentar o mesmo número de cromossomos.
- É constante para cada espécie, isto é, todos os indivíduos normais de uma espécie apresentam o mesmo número de cromossomos.
- Não determina o grau evolutivo de uma espécie.

OS CROMOSSOMOS HUMANOS

Já vimos que, na nossa espécie, o número normal de cromossomos nas células diploides é 46 (2n = 46) e o número haploide, 23 (n = 23). Isto significa que, em cada célula diploide dos indivíduos normais da espécie humana, existem 46 cromossomos (23 pares de cromossomos homólogos) e, em cada célula haploide normal, existem 23 cromossomos. Na espécie humana, e em muitas outras, os cromossomos podem ser subdivididos em dois grupos: autossomos e cromossomos sexuais (heterossomos, alossomos). Os cromossomos sexuais podem ser de dois tipos diferentes: X e Y.

Sexo	Células do corpo (2n)	Gametas (células n)
♀	44 A + XX	22 A + X
♂	44 A + XY	22 A + X 22 A + Y

Cariótipo humano *– As mulheres têm, em suas células diploides (2n), 44 autossomos (22 pares de autossomos) + 2 cromossomos sexuais do tipo X (1 par de cromossomos sexuais). Os óvulos, gametas femininos, como são células haploides (n), têm apenas 22 autossomos + 1 cromossomo sexual do tipo X. Os homens têm, em suas células diploides (2n), 44 autossomos (22 pares de autossomos) + 2 cromossomos sexuais, sendo um do tipo X e o outro do tipo Y (1 par de cromossomos sexuais). Os espermatozoides, gametas masculinos, possuem, cada um, apenas 22 autossomos + 1 cromossomo sexual, que poderá ser do tipo X ou do tipo Y.*

As mulheres formam apenas um tipo de gameta (óvulo), no que diz respeito ao tipo de cromossomo sexual, ou seja, todos os óvulos normais possuem o cromossomo sexual do tipo X. Por isso, o sexo feminino, na nossa espécie, é dito homogamético. Os indivíduos do sexo masculino, ao contrário, formam dois tipos de gametas (espermatozoides), no que diz respeito aos cromossomos sexuais: existem espermatozoides com o cromossomo X e espermatozoides com o cromossomo Y. Por isso, na nossa espécie, o sexo masculino é dito heterogamético.

Os 23 pares de cromossomos humanos podem ser agrupados numa representação gráfica na qual os pares de cromossomos são numerados, sendo que os 22 primeiros pares representam autossomos e o 23° par é o dos cromossomos sexuais.

MUTAÇÕES CROMOSSÔMICAS

O número normal de cromossomos nas células dos indivíduos bem como a forma (estrutura) normal dos cromossomos podem sofrer alterações: são as chamadas mutações cromossômicas ou aberrações cromossômicas. Podem ser numéricas e estruturais.

Mutações cromossômicas numéricas

São alterações no número normal de cromossomos do cariótipo. Quando essa alteração é de apenas um ou dois cromossomos, trata-se de uma aneuploidia; quando há alteração de todo um conjunto n (haploide) de cromossomos, temos uma euploidia.

A) Aneuploidias – São mutações cromossômicas numéricas, nas quais há perda ou acréscimo de um ou dois cromossomos em relação ao cariótipo normal. Estão subdivididas em trissomias (2n + 1), tetrassomias (2n + 2), monossomias (2n – 1) e nulissomias (2n – 2).

Síndrome de Down, síndrome de Klinefelter, síndrome do Triplo X e a síndrome do Duplo Y são alguns exemplos de trissomias que podem aparecer na nossa espécie. A síndrome de Turner é um exemplo de monossomia. Na nulissomia (2n – 2), os dois cromossomos que faltam são homólogos e, portanto, há ausência total de um par de cromossomos no cariótipo, o que tem efeito letal sobre o embrião.

A.1) Síndrome de Down, "mongolismo" – É uma alteração no número normal de autossomos, sendo, portanto, uma aberração autossômica. Nos indivíduos portadores dessa anomalia, existem três cromossomos no par 21 (trissomia do par 21). Como apresenta um autossomo a mais, em relação aos indivíduos normais, o cariótipo dos portadores da síndrome de Down pode ser assim representado: 45 A + XX (mulher Down) e 45 A + XY (homem Down).

Na síndrome de Down, os indivíduos apresentam um grande número de características como: aspecto do rosto em forma de lua cheia; inchaço das pálpebras; aumento da separação dos olhos; achatamento da raiz nasal; falta de coordenação motora; deficiência mental (baixo quociente intelectual).

Estatisticamente, está demonstrado que a incidência da síndrome de Down é maior em filhos de mulheres de idade mais avançada.

A.2) Síndrome de Klinefelter – Trata-se de uma aberração cromossômica sexual, uma vez que os portadores dessa síndrome têm três cromossomos sexuais em suas células, sendo dois do tipo X e um do tipo Y. Seu cariótipo é: 44 A + XXY (homem).

Os indivíduos com síndrome de Klinefelter são do sexo masculino, porém são estéreis devido à atrofia dos seus testículos. Apresentam deficiência mental e desenvolvem algumas características sexuais secundárias femininas, como a ginecomastia (desenvolvimento das mamas).

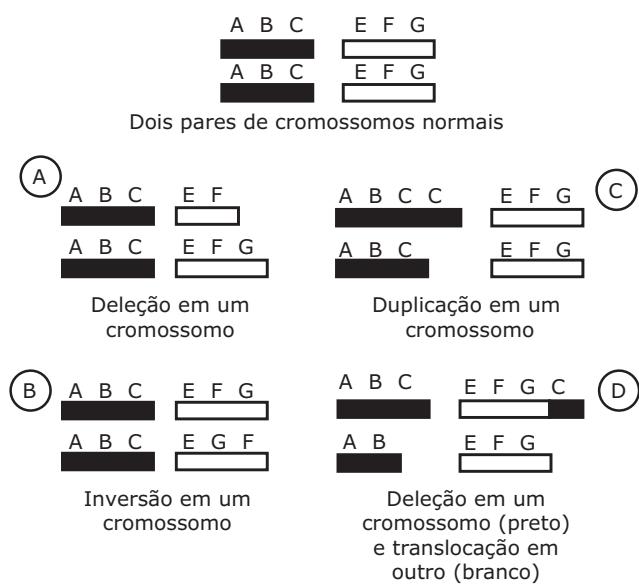
A.3) Síndrome de Turner – É outra aberração cromossômica sexual, uma vez que os indivíduos possuem apenas um cromossomo sexual do tipo X em suas células. Seu cariótipo pode ser representado por: 44 A + X0.

Na síndrome de Turner, os indivíduos são do sexo feminino e, geralmente, estéreis devido à atrofia dos seus ovários. Geralmente, apresentam baixa estatura, pescoço alargado ("pescoço alado"), ombros largos e ausência de mamas. Como os ovários e o útero não se desenvolvem, não há menstruação e nem caracteres sexuais secundários.

A.4) Síndrome do Triplo X ("superfêmea") – Seu cariótipo é: 44 A + XXX (mulher). As mulheres que a possuem são férteis, embora com alguns distúrbios sexuais e, às vezes, retardamento mental. Seus caracteres sexuais femininos são normais, a não ser pela amenorreia (ausência de menstruação).

A.5) Síndrome do duplo Y – São homens com o cariótipo: 44 A + XYY. São indivíduos aparentemente normais, férteis, geralmente altos, às vezes com retardamento mental e muito agressivos. Segundo alguns autores, os portadores dessa síndrome apresentam uma tendência maior à delinquência, são irresponsáveis e imaturos, se comparados a indivíduos que não apresentam a síndrome, evidenciando um comportamento antissocial desde a pouca idade.

B) Euploidia – São mutações cromossômicas numéricas, nas quais há alteração de todo um conjunto haploide (n) de cromossomos. A grande maioria dos organismos eucariontes é normalmente diploide (2n). Assim, indivíduos que apresentam euplodias podem ser triploides (3n), tetraploides (4n), etc. A anomalia sempre envolve conjuntos inteiros (n) de cromossomos. Normalmente, usa-se o termo poliploide para indicar organismos com mais de dois conjuntos de cromossomos.

Os mutantes triploides (3n) originam-se, normalmente, da junção de um gameta normal haploide (n) com outro gameta anômalo diploide (2n). Geralmente, esses mutantes são estéreis. Organismos tetraploides (4n) podem se originar da junção de dois gametas anômalos diploides, ou, ainda, de células diploides (2n) em que ocorre duplicação dos cromossomos, sem haver divisão da célula. Esse fenômeno pode ser espontâneo ou induzido por algumas substâncias, como a colchicina. A tetraploidia é mais comum em vegetais.

Muitas plantas cultivadas são poliploides: existem variedades de trigo hexaploides (6n), alguns morangos são octoploides (8n). Os vegetais poliploides, muitas vezes, são mais robustos e mais desenvolvidos que seus ancestrais diploides, apresentando folhas, flores e frutos maiores. Certos vegetais tetraploides, como batata, café e amendoim são também maiores e mais vigorosos do que as variedades diploides. É por esse motivo que técnicas especiais têm sido usadas para se induzir mutações e obter esses mutantes.

Aneuploidias	Euploidias
Monossomia (2n – 1)	Haploidia (n)
Nulissomia (2n – 2)	Triploidia (3n)
Trissomia (2n + 1)	Tetraploidia (4n)
Tetrassomia (2n +2)	etc.

Mutações cromossômicas numéricas

Mutações cromossômicas estruturais

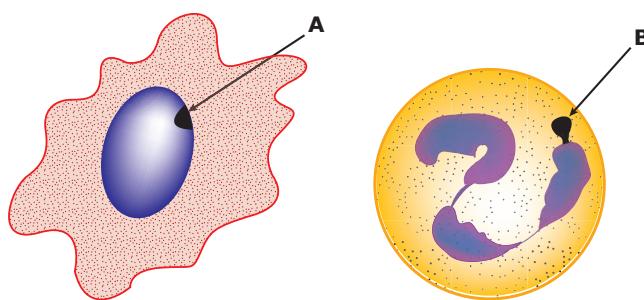
São modificações na estrutura normal dos cromossomos. Podem ser dos seguintes tipos: **deleção**, **inversão**, **duplicação** e **translocação**.

Dois pares de cromossomos normais

Mutações cromossômicas estruturais – A. *Deleção ou deficiência: Ausência de um segmento no cromossomo, isto é, a falta de um pedaço no cromossomo. Deficiências muito acentuadas podem ser letais, provenientes dessa ausência, pois implicam a perda de muitos genes.* ***B.*** *Inversão: Quando o cromossomo possui um pedaço invertido. Nas inversões, um segmento de cromossomo quebra-se, sofre uma rotação de 180° e se solda novamente. Com isso, evidentemente, altera-se a sequência ou a ordem dos genes ao longo do cromossomo.* ***C.*** *Duplicação: Quando o cromossomo possui um pedaço repetido. Nesse caso, o cromossomo tem uma série de genes repetidos.* ***D.*** *Translocação: Quando um cromossomo recebe um pedaço proveniente de um outro cromossomo que não seja o seu homólogo, ou quando há troca de pedaços entre cromossomos não homólogos.*

A CROMATINA SEXUAL

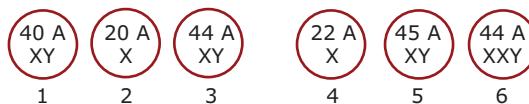
Na década de 1940, Bertram e Barr descobriram, nas células diploides (2n) em intérfase de fêmeas de mamíferos, em um grande número de espécies e inclusive na espécie humana, um corpúsculo pequeno, bem corável pelos corantes básicos. Tal corpúsculo, que normalmente não existe no núcleo das células masculinas, recebeu o nome de corpúsculo de Barr e, mais tarde, passou a ser denominado também de cromatina sexual. Descobriu-se que a cromatina sexual corresponde, na realidade, a um dos cromossomos X das fêmeas que, na intérfase, se encontra espiralado.

Segundo a hipótese proposta pela pesquisadora inglesa Mary Lyon, as fêmeas de mamíferos compensariam a dose dupla de genes do cromossomo X através da inativação de um desses cromossomos. Assim, em cada célula do corpo da fêmea, haveria um cromossomo X ativo e outro inativo que, desse modo, ficariam iguais às céluas masculinas, que possuem apenas uma cópia funcionante dos genes ligados ao X. Essa inativação de um dos cromossomos X acontece ainda nas fases iniciais do desenvolvimento embrionário.

Descobriu-se, também, que o número de cromatinas sexuais corresponde ao número de cromossomos X existente no cariótipo menos 1.

Assim, uma mulher normal (44 A + XX) possui em suas células apenas uma cromatina sexual; a mulher com síndrome do Triplo X (44 A + XXX) apresenta duas cromatinas sexuais; a mulher com síndrome de Turner (44 A + X0) não apresenta cromatina sexual. Por outro lado, o homem com síndrome de Klinefelter (44 A + XXY), embora do sexo masculino, apresenta em suas células uma cromatina sexual.

Indivíduo	Número de cromossomos X	Nº de cromatinas sexuais
Homem normal (44 A + XY)	1	0
Mulher normal (44 A + XX)	2	1
Síndrome de Turner (44 A + X0)	1	0
Síndrome de Klinefelter (44 A + XXY)	2	1
Síndrome do Triplo X (44 A + XXX)	3	2

Em casos de anomalias cromossômicas, em que a pessoa possui mais de dois cromossomos X, existe mais de uma cromatina sexual (corpúsculo de Barr) no núcleo das células. Isso porque o mecanismo de compensação de dose torna inativos todos os cromossomos X das células, com exceção de um, que continua funcional.

A cromatina sexual pode ser encontrada sob formas distintas: a) próxima do nucléolo, como acontece em certas células nervosas; b) na face interna da carioteca, como nas células da mucosa bucal; c) livre no suco nuclear, como na maioria dos neurônios; d) como uma expansão nuclear, como nos neutrófilos (um tipo de leucócito), nos quais a cromatina sexual aparece como um bastãozinho, denominado baqueta de tambor ou *drum-stick*.

Cromatina sexual – ***A.*** *Cromatina sexual de célula da mucosa bucal de uma mulher normal;* ***B.*** *Cromatina sexual em neutrófilo (tipo de leucócito) de uma mulher normal.*

A cromatina sexual tem grande interesse, do ponto de vista clínico, para o diagnóstico de algumas síndromes, como também para um diagnóstico precoce do sexo antes do nascimento.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFMG) Representação esquemática de células de 6 indivíduos com a indicação do número de autossomos e da constituição dos cromossomos sexuais.

A respeito destas células, qual a alternativa **ERRADA**?

A) 1 e 2 podem pertencer a indivíduos da mesma espécie, mas 1 é diploide e 2 é haploide.

B) 1 e 3 podem pertencer a indivíduos normais, mas de espécies diferentes.

C) 2 e 4 podem pertencer a espécies diferentes e podem ser haploides.

D) 3 e 4 podem pertencer a indivíduos da espécie humana, mas apenas 3 pode pertencer ao sexo masculino.

E) 5 e 6 podem pertencer a indivíduos da espécie humana, mas 5 pode apresentar síndrome de Down, e 6 apresenta síndrome de Klinefelter.

02. (PUC Minas) Na determinação do sexo na espécie humana, **NÃO** é correto dizer que

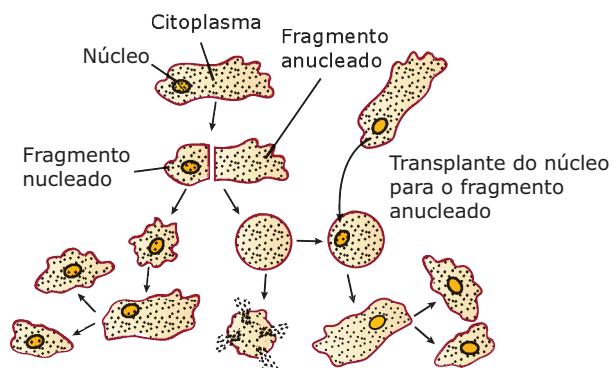
A) a ausência do Y determina o sexo feminino.

B) nas anormalidades cromossômicas, o sexo depende da proporção de X sobre os autossomos.

C) os gametas masculinos podem ser AX e AY.

D) a presença do Y determina o sexo masculino.

E) o sexo homogamético é o feminino.

03. (UFSM-RS) Associe as colunas:

1. Genoma
2. Gene
3. Cromossomo
4. Cariótipo

( ) Segmento de DNA que contém instrução para a formação de uma proteína.

( ) Estrutura formada por uma única molécula de DNA, muito longa, associada a proteínas, visíveis durante a divisão celular.

( ) Conjunto de genes de uma espécie.

A numeração **CORRETA** é

A) 1 - 2 - 3.

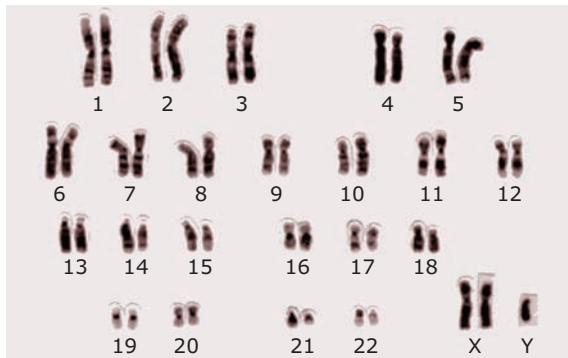
B) 2 - 3 - 1.

C) 2 - 4 - 1.

D) 3 - 2 - 4.

E) 3 - 4 - 1.

04. (UFMG)

O desenho representa duas experiências em amebas, que demonstram a importância do núcleo no controle das atividades celulares. Qual das afirmativas é **ERRADA** em relação a essas experiências?

A) A porção nucleada da ameba é capaz de se dividir, originando uma população de amebas.

B) A porção anucleada de uma ameba seccionada morre após algum tempo.

C) Uma ameba com núcleo transplantado é incapaz de se dividir.

D) A porção nucleada da ameba cresce e vive normalmente.

E) O transplante do núcleo para o fragmento de uma ameba anucleada regenera suas funções vitais.

05. (PUC Minas) Com relação aos nucléolos, é **INCORRETO** dizer que

A) pode haver mais de um por núcleo.

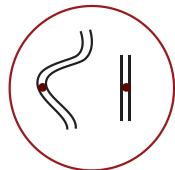
B) é envolvido por membrana específica.

C) é rico em RNA-ribossômico.

D) se desintegra no início da divisão celular.

E) não está presente em células procariontes.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (PUC Rio–2010) Em um laboratório de citogenética, o geneticista deparou-se com o idiograma obtido do cariótipo de uma criança, mostrado a seguir:

Observando-se esse idiograma, é **CORRETO** afirmar que essa criança apresenta o fenótipo de

A) um menino com síndrome de Klinefelter.

B) uma menina com síndrome de Klinefelter.

C) um menino com síndrome de Down.

D) um menino com síndrome de Turner.

E) uma menina com síndrome de Turner.

02. (PUC Rio) Na espécie humana, existem duas síndromes ligadas aos cromossomos sexuais: a de Turner e a de Klinefelter. Os indivíduos portadores dessas síndromes são, respectivamente:

A) o primeiro é macho (X0) e o segundo é fêmea (XXY), ambos estéreis.

B) o primeiro é fêmea estéril (X0) e o segundo é macho normal (XXY).

C) o primeiro é fêmea (X0) e o segundo é macho (XXY), ambos estéreis.

D) o primeiro é macho estéril (X0) e o segundo é fêmea normal (XXY).

E) o primeiro é fêmea (X0) e o segundo é macho (XXY), ambos normais.

03. (UFMT) Considere a figura seguinte, que representa uma célula.

Qual das alternativas da tabela indica **CORRETAMENTE** o número de estruturas representado na figura?

	Cromossomos	Cromátides	Centrômeros
A)	4	4	2
B)	2	4	4
C)	4	2	2
D)	2	2	4
E)	2	4	2

04. (UFMS–2009) Cada espécie animal apresenta um número determinado de cromossomos. Nesse sentido, o homem, o bovino e o equino apresentam número haploide de 23, 30 e 32 cromossomos, respectivamente. Com relação ao número normal de cromossomos, autossomos e sexuais, de gametas (haploides) e células somáticas (diploides), assinale a(s) proposição(ões) **CORRETA(S)**.

01. Uma célula epitelial equina apresenta 62 cromossomos autossomos e 2 sexuais.

02. Um neurônio bovino apresenta 1 cromossomo sexual e 59 autossomos.

04. Um leucócito humano apresenta 44 cromossomos autossomos e 2 sexuais.

08. Um espermatozoide equino apresenta 2 cromossomos sexuais e 30 autossomos.

16. Um óvulo humano apresenta 2 cromossomos sexuais e 21 autossomos.

32. Um espermatozoide bovino apresenta 29 cromossomos autossomos e 1 sexual.

Soma (   )

05. (UFF-RJ) Diversas proteínas, como histonas e várias enzimas, embora sintetizadas no citoplasma, são encontradas no núcleo.

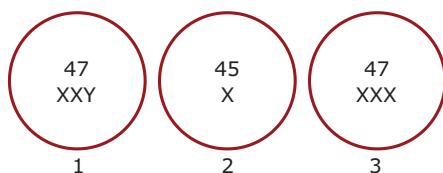
A passagem destas macromoléculas pelo envoltório nuclear é possível, porque

A) ocorre um mecanismo específico de endocitose que permite a passagem de macromoléculas.

B) o envoltório nuclear possui poros que permitem a passagem de macromoléculas.

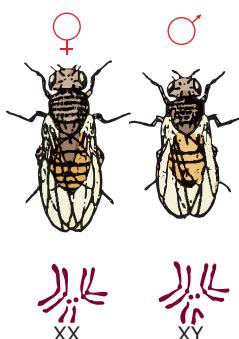
C) ocorre um mecanismo específico de pinocitose que permite o englobamento de algumas macromoléculas.

D) existe, neste envoltório, um mecanismo de transporte simultâneo e oposto de ácido ribonucleico e proteínas.

E) existem transportadores nas membranas externa e interna do envoltório nuclear que realizam o transporte das macromoléculas, passando pelo lúmen do envoltório.

06. (UFMG) Agrupando-se os cromossomos presentes em células somáticas normais de homens e mulheres, em relação à posição do centrômero, obtêm-se os seguintes dados:

Posição do centrômero	Número de cromossomos presentes	
	Masculino	Feminino
Acrocêntricos	11	10
Submetacêntricos	25	26
Metacêntricos	10	10

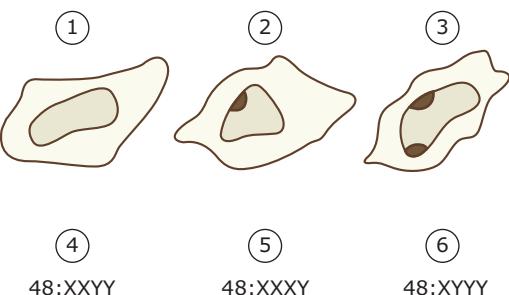
A partir desses dados, pode-se concluir que os cromossomos sexuais X e Y são, respectivamente,

A) acrocêntrico e submetacêntrico.
B) metacêntrico e submetacêntrico.
C) submetacêntrico e acrocêntrico.
D) submetacêntrico e metacêntrico.
E) metacêntrico e metacêntrico.

07. (PUC Minas) Considere a representação dos cariótipos de 3 indivíduos da espécie humana com alterações numéricas.

É **CORRETO** afirmar que o indivíduo

A) 1 apresenta uma aneuploidia.
B) 2 apresenta cromatina sexual.
C) 3 não apresenta cromatina sexual.
D) 2 apresenta uma euploidia.
E) 3 é sempre do sexo masculino.

08. (FCMMG)

O desenho anterior representa um casal de moscas de frutas (*Drosophila*) e seus respectivos cromossomos. Essa espécie tem quatro pares de cromossomos, sendo 3 de autossomos e 1 par de cromossomos sexuais.

A partir desse esquema, é **CORRETO** afirmar que

A) a fêmea é heterogamética.
B) o número diploide da espécie é igual a 4.
C) os autossomos são homólogos aos heterossomos.
D) o macho é responsável pela determinação do sexo.

09. (Cesesp-PE) Afirmativas sobre aberrações cromossômicas na espécie humana são feitas a seguir.

I. A síndrome de Down ou "mongolismo" representa um caso de trissomia.
II. A síndrome de Turner representa um caso de monossomia.
III. A síndrome de Klinefelter representa um caso de tetrassomia.

Assinale:

A) Todas estão corretas.
B) I e II estão corretas.
C) II e III estão corretas.
D) I e III estão corretas.
E) Somente I está correta.

10. (Cesgranrio) A cromatina sexual aparece, à microscopia óptica, como uma massa densa colada ao envoltório nuclear de células em intérfase. Nos esquemas a seguir, estão diagramados padrões de cromatina sexual (1, 2, 3) e de cariótipos (4, 5, 6).

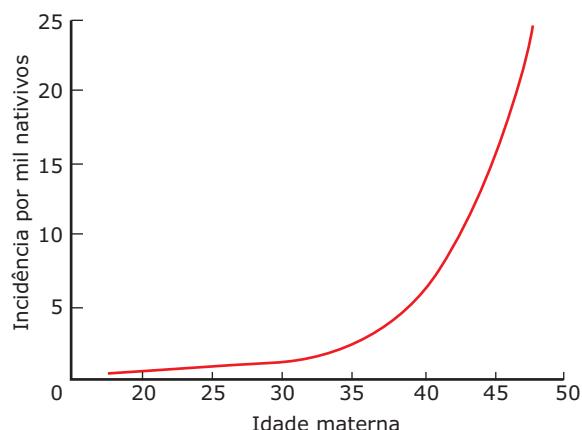
4	5	6
48:XXYY	48:XXXY	48:XYYY

Quais são as correlações **CORRETAS**?

A) 2-4 e 1-5.
B) 1-5 e 3-6.
C) 2-4 e 3-6.
D) 1-4 e 2-5.
E) 3-5 e 1-6.

11. (UFMG) A identificação do fator que origina indivíduos com síndrome de Down se tornou possível pela utilização da técnica de

A) contagem e identificação dos cromossomos.
B) cultura de células e tecidos.
C) mapeamento do genoma humano.
D) produção de DNA recombinante.

12. (Unicamp-SP) **COMENTE** a frase: "Cromossomos e cromatina são dois estados morfológicos dos mesmos componentes celulares de eucariontes".

13. (Unicamp-SP) Uma célula que apresenta grande quantidade de síntese proteica tende a apresentar, em geral, um grande nucléolo. **EXPLIQUE** essa relação.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–1999) A sequência abaixo indica, de maneira simplificada, os passos seguidos por um grupo de cientistas para a clonagem de uma vaca.

I. Retirou-se um óvulo da vaca Z. O núcleo foi desprezado, obtendo-se um óvulo anucleado.

II. Retirou-se uma célula da glândula mamária da vaca W. O núcleo foi isolado e conservado, desprezando-se o resto da célula.

III. O núcleo da célula da glândula mamária foi introduzido no óvulo anucleado. A célula reconstituída foi estimulada para entrar em divisão.

IV. Após algumas divisões, o embrião foi implantado no útero de uma terceira vaca Y, mãe de aluguel. O embrião se desenvolveu e deu origem ao clone.

Considerando-se que os animais Z, W e Y não têm parentesco, pode-se afirmar que o animal resultante da clonagem tem as características genéticas da(s) vaca(s)

A) Z, apenas.
B) W, apenas.
C) Y, apenas.
D) Z e W, apenas.
E) Z, W e Y.

02. O caso mais significativo de trissomia em seres humanos é a síndrome de Down (SD), assim denominada em homenagem ao médico inglês do século dezenove, J. Langdon Down, que primeiro descreveu a síndrome em 1866. [...] As crianças com SD são de leve a moderadamente retardadas, mas, com os recentes avanços médicos, educacionais e sociais, elas podem desenvolver-se muito mais do que as primeiras gerações achavam possível. Elas podem aprender a cuidar de si, a ler e a praticar atividades manuais.

BURN; BOTTINO. *Genética*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. 6. ed. p. 237 (Adaptação).

O gráfico a seguir mostra a correlação entre nascimento de crianças com síndrome de Down e a idade materna.

A análise do gráfico permite concluir que a frequência de nascimentos de crianças com síndrome de Down

A) é a mesma, qualquer que seja a idade materna.
B) é menor quanto maior for a idade materna.
C) é maior quanto menor for a idade materna.
D) é 0% na idade materna abaixo de 20 anos.
E) é cerca de três vezes maior na idade materna de 45 anos do que aos 40 anos de idade.

GABARITO

Fixação

01. D
02. B
03. B
04. C
05. B

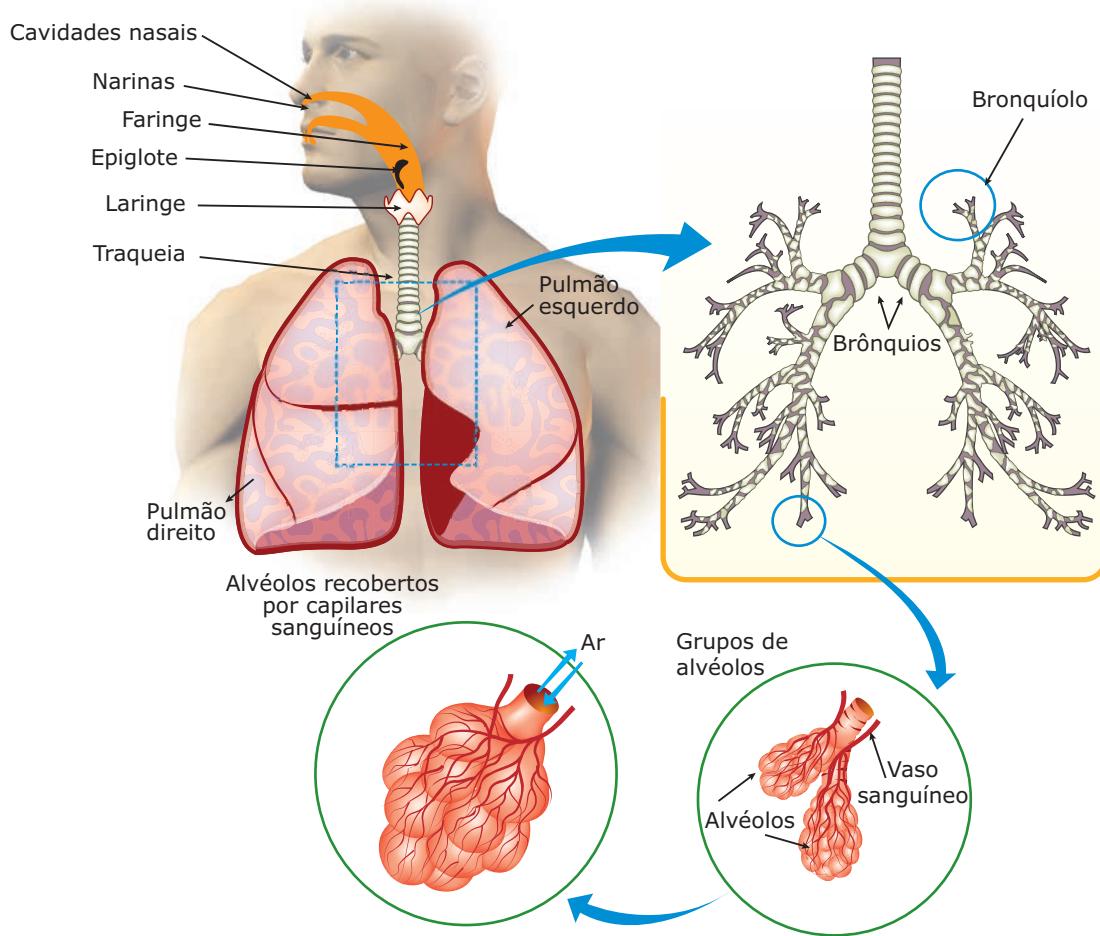
Propostos

01. A
02. C
03. E
04. Soma = 37
05. B
06. C
07. A
08. D
09. B
10. E
11. A
12. No núcleo dos eucariontes, o DNA e as proteínas, a ele associadas, formam filamentos longos e finos que constituem a cromatina. Durante a divisão celular, esses filamentos se enrolam (espiralizam-se), formando os cromossomos. Assim, a composição química dos cromossomos é a mesma da cromatina. Pode-se dizer, também, que ambos são filamentos que têm a mesma composição química. Na intérfase, encontram-se distendidos, mas, durante a divisão celular, espiralizam-se.
13. A célula que realiza intensa síntese de proteínas necessita de grande quantidade de ribossomos, organelas encontradas no citoplasma. Nessas células, o nucléolo deve ser bem desenvolvido, pois ele é responsável pela fabricação dos ribossomos.

Seção Enem

01. B
02. E

BIOLOGIA

Sistema respiratório

MÓDULO 09 FRENTE B

ANATOMIA E FISIOLOGIA

O sistema respiratório humano é formado pelas vias aéreas e pelos pulmões. As vias aéreas, ou tubo aerífero, compreendem alguns órgãos intercomunicantes que têm como finalidade conduzir o ar do meio externo até os pulmões e vice-versa. Fazem parte das vias aéreas: cavidades nasais (fossas nasais), faringe, laringe, traqueia e brônquios. Os brônquios penetram nos pulmões, onde dão origem aos bronquíolos, que terminam em minúsculas cavidades chamadas alvéolos pulmonares.

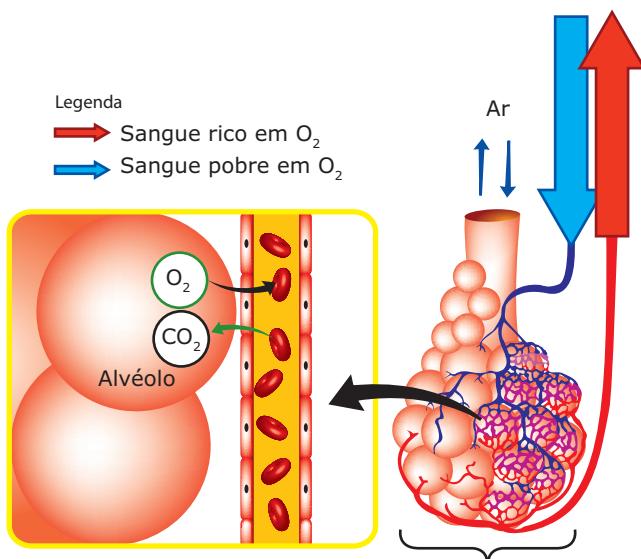
Sistema respiratório humano *– Nos círculos, detalhes dos alvéolos recobertos por capilares sanguíneos (capilares alveolares). Nos alvéolos ocorre a hematose, isto é, as trocas gasosas entre o ar e o sangue.*

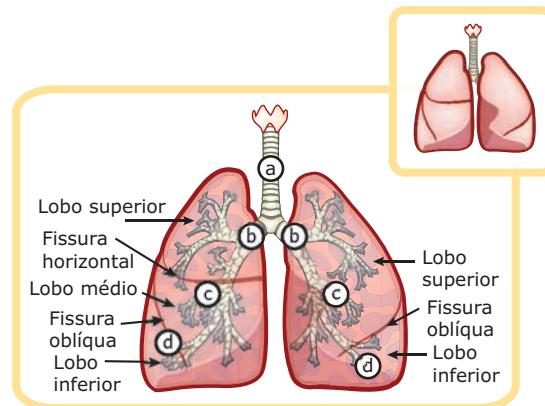
As cavidades nasais encontram-se separadas por uma estrutura ósseo-cartilaginosa, o septo nasal. Comunicam-se com o meio externo através das narinas e com a faringe através de aberturas denominadas coanas. Nas cavidades nasais, pode-se constatar a presença de pelos, conhecidos por vibrissas, que têm a função de filtrar o ar, retendo micro-organismos e partículas sólidas nele suspensas.

A mucosa nasal ou mucosa pituitária (revestimento das cavidades nasais) produz muco, que também retém micro-organismos e partículas diversas. Essa mucosa é ricamente vascularizada, o que permite o aquecimento do ar, facilitando, nos pulmões, a difusão do O_2 para o sangue.

Ao passar pelas cavidades nasais, o ar é então aquecido e filtrado. Das cavidades nasais, através das coanas, o ar passa para a faringe.

A faringe é um órgão comum aos sistemas respiratório e digestório, uma vez que dá passagem ao ar e aos alimentos. Apesar de ser anatomicamente comum aos dois sistemas mencionados, fisiologicamente, a faringe não tem ação simultânea, já que o ato da deglutição inibe, automaticamente, a atividade respiratória, devido ao fechamento da glote (orifício que comunica a faringe com a laringe) pela epiglote. Da faringe, o ar passa para a laringe.

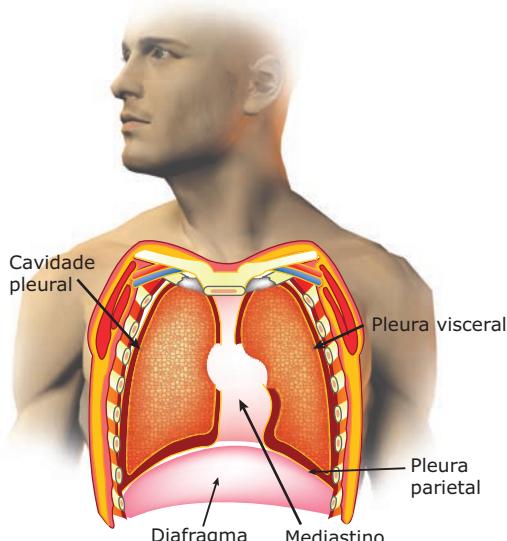
A laringe é um órgão tubular que se situa na parte anterior do pescoço. Além de fazer parte das vias aéreas, é também o órgão da fonação (produção da voz), já que nela encontram-se as pregas vocais, que são dobras da mucosa que reveste internamente o órgão. Assim, ao passar pela laringe, as correntes aéreas fazem as pregas vocais vibrarem e, em consequência disso, há produção de som. Esse som, normalmente, é moldado na cavidade bucal com auxílio da língua, dos maxilares e dos lábios, formando as palavras.

A continuação da laringe é a traqueia. Trata-se de um tubo com aproximadamente 12 cm de comprimento e 2 cm de diâmetro, tendo uma série de anéis cartilaginosos, que a mantêm sempre aberta. Internamente, ela é revestida por um epitélio pseudoestratificado ciliado com glândulas mucosas (células caliciformes): os cílios e o muco têm função de proteção e de limpeza. Na sua porção inferior, a traqueia bifurca-se, dando origem aos brônquios.

Os brônquios têm constituição semelhante à da traqueia. São condutos que penetram nos pulmões, onde se ramificam até formarem túbulos de dimensões microscópicas, os bronquíolos.

A traqueia, os brônquios e suas ramificações no interior dos pulmões formam a chamada árvore respiratória, enquanto as ramificações dos brônquios, no interior dos pulmões, formam a árvore brônquica.

Os bronquíolos são as ramificações mais finas da árvore brônquica, que se abrem em sacos de dimensões microscópicas, denominados alvéolos pulmonares. Cada alvéolo pulmonar é uma minúscula cavidade delimitada por uma fina camada de tecido epitelial, ao redor do qual existem numerosos capilares sanguíneos, chamados de capilares alveolares. Cada pulmão é constituído por cerca de 150 milhões de alvéolos pulmonares.

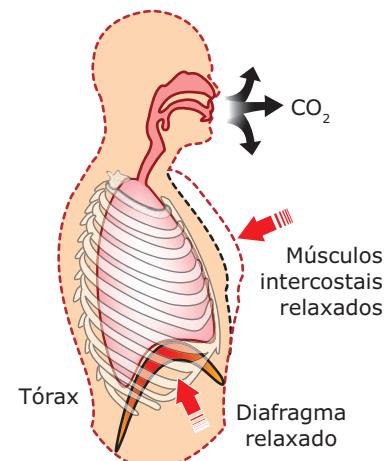
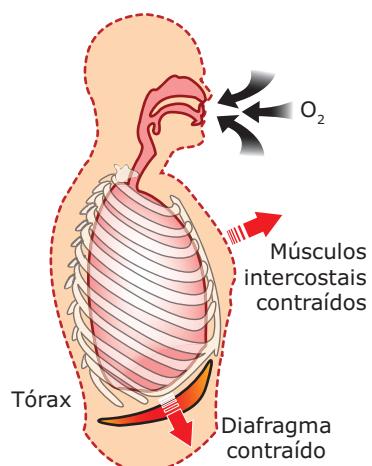
Nos alvéolos pulmonares, ocorre a hematose, isto é, a oxigenação do sangue: o O_2, presente no ar inspirado, difunde-se para o interior dos capilares alveolares, enquanto o CO_2, presente na corrente sanguínea, difunde-se para o interior dos alvéolos e daí, junto com o ar expirado, é liberado no meio externo.

Hematose nos alvéolos *– Sangue venoso é o sangue rico em CO_2 e pobre em O_2. Sangue arterial é o sangue pobre em CO_2 e rico em O_2.*

a) Traqueia; b) brônquios; c) pequenos brônquios; d) bronquíolos.

Cada pulmão humano tem aproximadamente 25 cm de comprimento e 700 g de peso.

Esses órgãos são divididos em lobos e, devido ao grande número de alvéolos que possuem, têm aspecto esponjoso. O pulmão direito é dividido em três lobos (superior, médio e inferior), separados entre si por fendas profundas, denominadas fissuras oblíqua e horizontal.

O pulmão esquerdo é dividido em apenas dois lobos (superior e inferior), separados pela fissura oblíqua. Entre os dois pulmões, há um espaço, denominado mediastino, ocupado pelo coração, grandes vasos sanguíneos, esôfago, parte da traqueia e brônquios.

Os pulmões estão alojados na caixa torácica, que é limitada, na frente, pelo osso esterno, atrás, pela coluna vertebral, nos lados, pelas costelas e, inferiormente, pelo músculo diafragma. Assim, os pulmões estão apoiados sobre o diafragma.

Revestindo e envolvendo os pulmões, encontram-se duas membranas superpostas, denominadas pleuras: uma interna (pleura visceral), em contato direto com os pulmões, e outra externa (pleura parietal), em contato com a cavidade torácica. Entre as pleuras visceral e parietal, há um espaço, a cavidade pleural, contendo uma película de líquido de espessura capilar que permite o livre deslizamento de uma pleura contra a outra nas constantes variações de volume da caixa torácica que ocorrem nos movimentos respiratórios.

Revestimentos dos pulmões

MOVIMENTOS RESPIRATÓRIOS

Os movimentos respiratórios estão representados pela inspiração (entrada de ar nos pulmões) e pela expiração (saída de ar dos pulmões). A realização desses movimentos conta com a participação fundamental do diafragma (músculo que separa a cavidade torácica da cavidade abdominal) e dos músculos intercostais (músculos que se localizam entre as costelas). Esses músculos, conhecidos por músculos respiratórios, contraem-se e relaxam-se simultaneamente.

Variação da amplitude torácica nos movimentos respiratórios *– Na inspiração, ocorre a contração dos músculos respiratórios. Com a contração, o diafragma desce, determinando um aumento do diâmetro vertical da caixa torácica. Por sua vez, a contração dos músculos intercostais "levanta" as costelas, acarretando um aumento do diâmetro horizontal da cavidade torácica. Assim, temos um aumento do volume da cavidade torácica com consequente diminuição da pressão interna do tórax (pressão intratorácica) em relação à pressão atmosférica (pressão externa). A pressão atmosférica, sendo maior do que a pressão intratorácica, empurra o ar atmosférico até o interior dos alvéolos pulmonares. Na expiração, ocorre exatamente o contrário: há o relaxamento do diafragma e dos músculos intercostais. Com o relaxamento, o diafragma sobe, determinando uma diminuição do diâmetro vertical da caixa torácica. Por sua vez, o relaxamento dos músculos intercostais provoca o "abaixamento" das costelas, com consequente diminuição do diâmetro horizontal da cavidade torácica. Assim, temos uma diminuição do volume da cavidade torácica e, consequentemente, um aumento da pressão interna do tórax (pressão intratorácica) em relação à pressão atmosférica. A pressão intratorácica, tornando-se maior do que a pressão externa, empurra o ar para fora do organismo.*

A inspiração e a expiração alternam-se ritmicamente. Cada inspiração seguida de uma expiração constitui um movimento respiratório. O número de movimentos respiratórios realizados em 1 minuto define a frequência respiratória. Numa eupneia (respiração normal), a frequência respiratória é em torno de 16 a 20 movimentos/minuto. O aumento da frequência respiratória denomina-se taquipneia, e a diminuição, bradipneia.

Numa respiração normal, a cada movimento respiratório, um homem jovem inspira e expira, em média, cerca de 500 mL de ar. Essa quantidade de ar circulante nos pulmões, durante a respiração normal, chama-se ar corrente.

O volume de ar corrente que passa pelos pulmões em 1 minuto denomina-se ventilação pulmonar. Por exemplo: em uma pessoa com frequência respiratória de 16 movimentos por minuto, a ventilação pulmonar é de 8 000 mL (8,0 litros) de ar por minuto (500 x 16 = 8 000).

O volume máximo de ar que pode ser inspirado (inalado) e expirado (exalado) em uma respiração forçada é denominado capacidade vital. A nossa capacidade vital é em torno de 4,0 a 4,5 litros de ar, para um adulto jovem. Os pulmões, no entanto, contêm mais ar que sua capacidade vital, pois é impossível expirar a totalidade do ar contido nos alvéolos pulmonares. Mesmo quando se força ao máximo a expiração, ainda restam cerca de 1,5 litros de ar nos pulmões; esse é o ar residual ou volume residual (VR). Assim, a capacidade pulmonar total (CPT) é de cerca de 5,0 a 6,0 litros de ar.

O controle do ritmo dos movimentos respiratórios é realizado pelo bulbo, órgão do SNC (Sistema Nervoso Central) pertencente ao encéfalo.

Através de nervos, o bulbo envia impulsos para os músculos respiratórios (diafragma e intercostais), estimulando a contração dos mesmos.

O controle do ritmo dos movimentos respiratórios é exercido involuntariamente pelo bulbo, sob influência da variação da concentração de CO_2 e O_2 no sangue. O ritmo respiratório é influenciado principalmente pela variação da concentração do CO_2 no sangue. Quando essa taxa de CO_2 aumenta (durante uma atividade muscular intensa, por exemplo), ocorre uma redução do pH sanguíneo, que é percebida pelo bulbo. Este, então, é estimulado a enviar mais impulsos nervosos para os músculos respiratórios, intensificando suas contrações. Assim, o ritmo dos movimentos respiratórios intensifica-se, promovendo uma eliminação mais rápida de CO_2 e uma maior captação de O_2.

O ritmo respiratório também pode ser acelerado em resposta a uma baixa concentração de O_2 no sangue, que pode ocorrer, por exemplo, em locais de grande altitude, onde o ar atmosférico é mais rarefeito. Entretanto, ao contrário do que acontece com o CO_2, o O_2 não atua diretamente sobre os centros respiratórios do bulbo, e sim sobre quimiorreceptores localizados nas paredes das artérias aorta e carótidas (ramos da artéria aorta que levam sangue para a cabeça). Esses quimiorreceptores sensibilizam-se quando o nível de O_2 no sangue se reduz, produzindo impulsos que são enviados ao bulbo. Ao receber esses impulsos, o bulbo envia um maior número de impulsos nervosos para os músculos respiratórios, intensificando, assim, o ritmo dos movimentos respiratórios.

Esses dois mecanismos que acabamos de ver, evidentemente, são involuntários, embora os movimentos respiratórios também possam ser controlados voluntariamente, até certo limite. De fato, você pode "prender a respiração" ou respirar mais rapidamente se assim o quiser. Porém, essa atividade tem um limite. Se um indivíduo parar de respirar voluntariamente por um tempo exageradamente longo, o estímulo do bulbo pelo acúmulo de CO_2 no sangue será tal que, a partir de certo instante, se tornará impossível continuar na intenção inicial. O indivíduo inspirará involuntariamente. Enquanto a respiração encontra-se presa, não ocorre eliminação de CO_2 do corpo. Logo, a concentração desse gás no sangue aumenta rapidamente, sensibilizando de forma cada vez mais intensa o bulbo. Em consequência, a respiração é estimulada de tal maneira que, a partir de um determinado instante, o indivíduo não consegue mais segurar o fôlego, passando, inevitavelmente, a respirar.

LEITURA COMPLEMENTAR

Engasgamento

O engasgamento resulta da penetração de partículas de alimento ou algum objeto nas vias respiratórias, devido ao não fechamento correto da glote no ato da deglutição. A consequência é a obstrução total ou parcial das vias respiratórias, impedindo a pessoa de respirar ou fazendo com que ela respire com dificuldade.

Além da impossibilidade de respirar, a vítima do engasgamento também não consegue falar, tossir e, normalmente, leva as mãos à garganta. É uma situação que exige um socorro imediato, porque, em pouco tempo, a vítima pode perder a consciência e morrer sufocada.

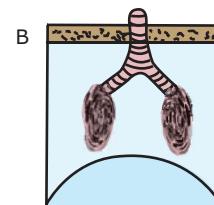
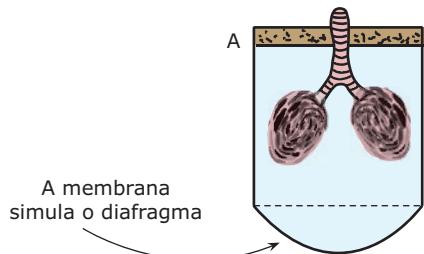
O socorro imediato é feito de forma diferenciada, conforme a vítima seja adulto ou criança, ou esteja consciente ou inconsciente. Veja as ilustrações a seguir:

Engasgamento com a vítima consciente (adultos e crianças maiores) *– Posicione-se por trás da vítima, com os braços em volta de sua cintura, de modo que suas mãos se encontrem logo acima do umbigo. Com as mãos presas logo acima da cintura da pessoa, faça compressões rápidas e com força de baixo para cima. Caso a vítima seja uma mulher grávida, faça as compressões mais acima (na base do tórax). Repita essas compressões quantas vezes forem necessárias, pois estas aumentam a pressão intratorácica, expelindo o objeto para fora. Caso o objeto não saia e a vítima estiver respirando, leve-a imediatamente ao pronto-socorro.*

Engasgamento com a vítima inconsciente (adultos e crianças maiores) *– Deite a vítima de barriga para cima. Debruçado sobre o corpo da vítima, com um joelho de cada lado, puxe o queixo da pessoa para frente e procure visualizar o objeto que está causando o engasgamento. Se estiver visível, cuidadosamente, tente retirá-lo. Caso não consiga retirá-lo, apoie suas mãos na região abdominal da vítima (logo acima do umbigo) e faça compressões rápidas de baixo para cima. Se esse procedimento não der resultado, tente o que está ilustrado na figura a seguir:*

Engasgamento com a vítima inconsciente (adultos e crianças maiores) *– Sente-se em uma cadeira e coloque uma almofada (ou travesseiro) sobre os seus joelhos. Coloque a vítima de bruços sobre a almofada, de modo que a cabeça dela fique para baixo. Pressionando as costas da vítima, faça com que o abdome e o tórax dela sejam comprimidos contra os seus joelhos.*

Engasgamento em bebês e crianças pequenas – *Sente-se em uma cadeira e coloque o bebê de barriga para baixo, apoiando-o em um de seus braços, de modo que a mão desse braço segure o queixo da criança. A cabeça do bebê deve ficar em posição mais baixa. Com a outra mão, faça compressões firmes nas costas do bebê.*

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (FUVEST-SP) No homem, o controle dos movimentos respiratórios é exercido

A) pelo cérebro.

B) pelo cerebelo.

C) pelo bulbo.

D) pela medula.

E) pela hipófise.

02. (UnB-DF) A sequência das estruturas do sistema respiratório pulmonar é:

A) Fossas nasais – laringe – esôfago – brônquios – traqueia

B) Fossas nasais – faringe – laringe – traqueia – brônquios

C) Fossas nasais – laringe – faringe – traqueia – brônquios

D) Fossas nasais – faringe – esôfago – traqueia – brônquios

E) Fossas nasais – faringe – traqueia – laringe – brônquios

03. (PUC Minas) As figuras A e B procuram simular situações observadas durante a respiração.

Após análise dos eventos representados em A e B, podemos concluir que,

A) em A, está ocorrendo inspiração, devido à diminuição da pressão atmosférica.

B) em A, está ocorrendo inspiração, devido à diminuição da pressão interna.

C) em B, está ocorrendo inspiração, devido ao aumento da pressão interna.

D) em A, está ocorrendo expiração, devido ao aumento do volume pulmonar.

E) em B, está ocorrendo expiração, devido à diminuição da pressão interna.

04. (PUC-SP) Considere as seguintes etapas do processo respiratório no homem:

I. Produção de ATP nas mitocôndrias.

II. Ocorrência de hematose no nível de alvéolos.

III. Transporte de oxigênio aos tecidos pelas hemácias.

A ordem em que essas etapas se realizam, a partir do momento em que um indivíduo inspira o ar do ambiente, é

A) I $\rightarrow$ II $\rightarrow$ III.

B) II $\rightarrow$ I $\rightarrow$ III.

C) II $\rightarrow$ III $\rightarrow$ I.

D) III $\rightarrow$ I $\rightarrow$ II.

E) III $\rightarrow$ II $\rightarrow$ I.

05. (PUC RS) Quando "prendemos a respiração", chega um determinado momento em que não conseguimos mais sustentar a situação. Isso ocorre porque o aumento exagerado de gás carbônico no sangue determinará uma ação imediata do centro respiratório, que fica localizado

A) no cérebro.
B) na ponte.
C) no bulbo.
D) nos ventrículos.
E) na medula.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (Cesgranrio) Na expiração, **NÃO** ocorre

A) relaxamento do diafragma.
B) diminuição do volume pulmonar.
C) contração da musculatura intercostal.
D) aumento da pressão intrapulmonar em relação à pressão atmosférica.
E) eliminação de dióxido de carbono.

02. (FGV-SP–2010) Desde o dia 07 de agosto de 2009, uma lei estadual proíbe o fumo em ambientes fechados coletivos no estado de São Paulo. A medida é bem-vinda, pois se sabe que entre os inúmeros problemas de saúde causados ou agravados pelo fumo, um deles é o fato de o monóxido de carbono (CO), presente na fumaça do cigarro,

A) causar irritação no epitélio das vias aéreas superiores, favorecendo infecções e dificultando o aporte de oxigênio aos pulmões.
B) provocar lesões nas paredes dos alvéolos, que se rompem e ampliam a superfície do tecido para as trocas gasosas.
C) provocar lesões nas organelas das células das mucosas das vias aéreas e dos pulmões, o que é a causa primária do câncer.
D) provocar rigidez dos brônquios e do diafragma, comprometendo a capacidade de inspiração e expiração.
E) estabelecer uma ligação química com a hemoglobina, resultando em hemácias com baixo potencial de oxigenação.

03. (FUVEST-SP) A obstrução dos bronquíolos impede que o oxigênio atinja

A) a faringe.
B) o esôfago.
C) a laringe.
D) a traqueia.
E) os alvéolos.

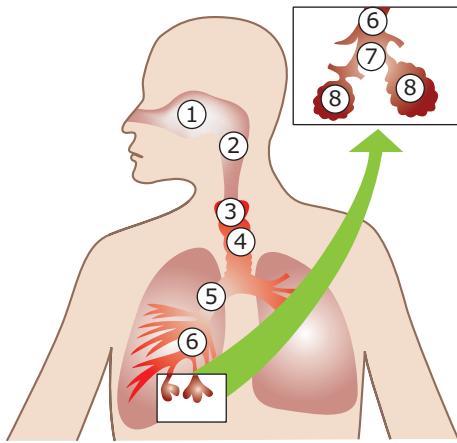
04. (UFRGS) A velocidade dos movimentos respiratórios aumenta quando, no sangue, a concentração

A) da ureia aumenta.
B) da carboemoglobina diminui.
C) de CO_2 é alta.
D) da oxiemoglobina é elevada.
E) da carboemoglobina permanece constante.

05. (PUC Rio–2010) Os pulmões dos mamíferos não possuem capacidade de movimentos próprios. Assim, necessitam da movimentação de um músculo específico denominado diafragma. Identifique o mecanismo através do qual ocorre a entrada e a saída de ar dos pulmões.

A) Quando o músculo cardíaco se contrai, o volume da caixa torácica aumenta, provocando a expulsão de ar dos pulmões.
B) Quando o diafragma se contrai, o volume da caixa torácica diminui, aumentando a pressão interna pulmonar e forçando a entrada de ar nos pulmões.
C) Quando o diafragma se contrai, o volume da caixa torácica aumenta, diminuindo a pressão interna pulmonar e forçando a entrada de ar nos pulmões.
D) Quando os músculos intercostais se contraem, o volume da caixa torácica aumenta, provocando a expulsão de ar dos pulmões.
E) Quando o músculo peitoral se distende, o volume da caixa torácica diminui, promovendo a entrada de ar nos pulmões.

06. (FUVEST-SP) O que ocorre a uma pessoa transportada para uma região de grande altitude, onde a atmosfera é rarefeita?

A) Diminui a frequência dos movimentos respiratórios.
B) Aumenta o número de hemácias.
C) Diminui a frequência dos movimentos cardíacos.
D) Aumenta o número de leucócitos.

07. (UFBA) Qual das reações a seguir ocorre nos capilares dos pulmões?

A) $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$
B) $H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$
C) $HCO_3^- + H^+ \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow H_2O + CO_2$
D) $H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$
E) $H_2CO_3 + CO_2 \rightarrow H_2O + 2CO_2$

08. (UFPI) A recomendação de não se esquentar carro dentro de garagens fechadas ou pequenas e sem ventilação deve-se ao fato de que

A) um dos gases expelidos, o CO_2, é muito tóxico e, se aspirado em demasia, pode causar morte por parada cardíaca.

B) motores de combustão utilizam o O_2 na queima do combustível e, consequentemente, vai faltar O_2 para a respiração humana.

C) os gases de enxofre liberados pela queima do combustível são altamente tóxicos e podem levar à morte.

D) o monóxido de carbono expelido durante a combustão se liga à hemoglobina, bloqueando o transporte de O_2, podendo causar a morte.

E) os gases liberados durante a queima do combustível são cancerígenos.

09. (Cesgranrio) Nos esquemas a seguir, o sistema respiratório humano está sendo representado e, neles, são localizadas suas principais estruturas, tais como: vias aéreas superiores, traqueia, brônquios, bronquíolos, bronquíolos terminais e sacos alveolares, que se encontram numeradas.

Sobre o desenho anterior, são feitas três afirmativas:

I. Em 4, o ar passa em direção aos pulmões, após ter sido aquecido em 1.

II. Em 6, o oxigênio do ar penetra nos vasos sanguíneos, sendo o fenômeno conhecido como hematose.

III. Em 8, o gás carbônico proveniente do sangue passa para o ar.

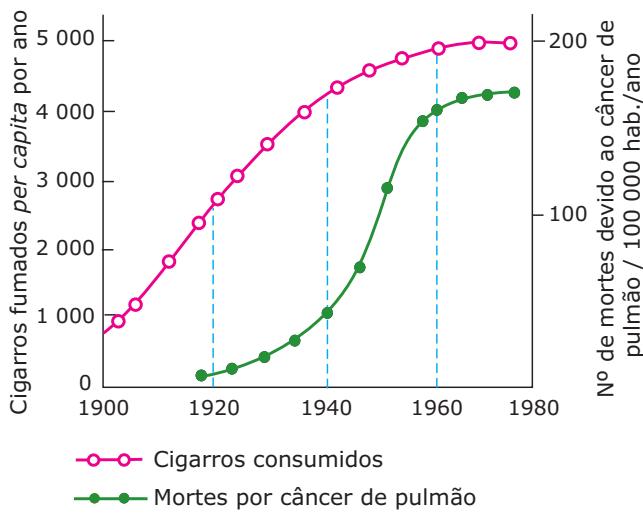
Assinale,

A) se somente I for correta.

B) se somente II for correta.

C) se somente I e II forem corretas.

D) se somente I e III forem corretas.

E) se I, II e III forem corretas.

10. (UFRN) Durante a respiração, quando o diafragma se contrai e desce, o volume da caixa torácica aumenta. Por conseguinte, a pressão intrapulmonar

A) diminui e facilita a entrada de ar.

B) aumenta e facilita a entrada de ar.

C) diminui e dificulta a entrada de ar.

D) aumenta e dificulta a entrada de ar.

E) aumenta e expulsa o ar dos pulmões.

11. (FUVEST-SP) Ao forçarmos a respiração, às vezes nos sentimos tontos. Isso se deve principalmente à eliminação de grande quantidade de CO_2 pela respiração, alterando o pH sanguíneo.

A) Que processo químico ocorre no plasma sanguíneo, resultando na formação do CO_2 eliminado pelos pulmões?

B) **EXPLIQUE** como o pH do sangue é alterado na respiração forçada.

C) Que efeito essa alteração de pH determina no ritmo respiratório? Como isso ocorre?

12. (UFRJ) O gráfico a seguir apresenta duas curvas que sugerem uma relação de causa e efeito entre o hábito de fumar e o câncer de pulmão: uma delas estuda o número de cigarros consumidos por ano, por indivíduo, e a outra reflete o número de mortes devido ao câncer de pulmão por 100 000 habitantes, por ano.

A) **FAÇA** uma análise comparativa das duas curvas, no período 1920-1960, que **JUSTIFIQUE** essa relação de causa e efeito.

B) **FAÇA** o mesmo tipo de análise para o período de 1960-1980.

13. (Unicamp-SP) Os fumantes causam maiores danos às suas vias e superfícies respiratórias ao introduzir, nelas, partículas de tabaco e substâncias, como nicotina, em concentrações maiores do que as existentes no ar. Essas substâncias, inicialmente, paralisam os cílios na traqueia e brônquios e, posteriormente, os destroem. Além disso, a nicotina provoca a liberação excessiva de adrenalina no sangue, aumentando o risco de acidentes vasculares.

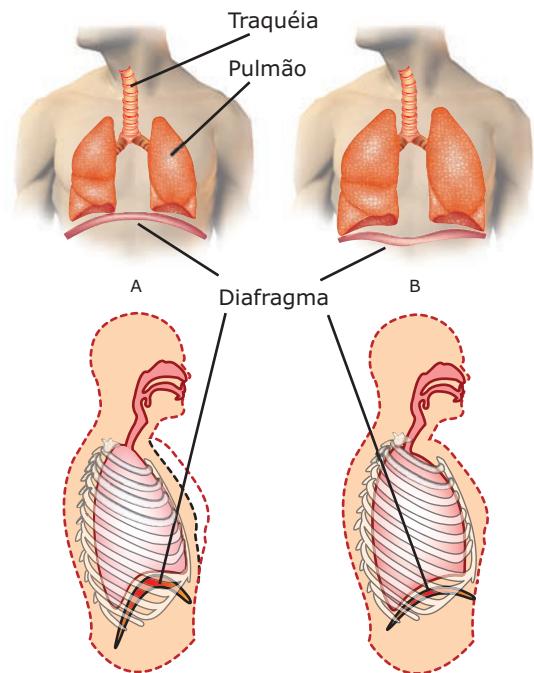
A) A que tipo de tecido estão associados os cílios?

B) Qual é a consequência da paralisação e destruição dos cílios das vias respiratórias?

C) **EXPLIQUE** como os efeitos fisiológicos da liberação da adrenalina podem aumentar os riscos de acidentes vasculares.

D) Onde é produzida a adrenalina?

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2000) A adaptação dos integrantes da seleção brasileira de futebol à altitude de La Paz foi muito comentada em 1995, por ocasião de um torneio, como pode ser lido no texto a seguir.

"A seleção brasileira embarca hoje para La Paz, capital da Bolívia, situada a 3 700 m de altitude, onde disputará o torneio Interamérica. A adaptação deverá ocorrer em um prazo de 10 dias, aproximadamente. O organismo humano, em altitudes elevadas, necessita desse tempo para se adaptar, evitando-se, assim, risco de um colapso circulatório."

PLACAR. fev. 1995. (Adaptação).

A adaptação da equipe foi necessária principalmente porque a atmosfera de La Paz, quando comparada à das cidades brasileiras, apresenta

A) menor pressão e menor concentração de oxigênio.

B) maior pressão e maior quantidade de oxigênio.

C) maior pressão e maior concentração de gás carbônico.

D) menor pressão e maior temperatura.

E) maior pressão e menor temperatura.

02. As figuras a seguir representam os movimentos respiratórios humanos, realizados com a participação do diafragma (músculo que separa a cavidade torácica da cavidade abdominal) e dos músculos intercostais (localizados entre as costelas).

Fonte: AVANCINI & FAVARETTO. *Biologia* – uma abordagem evolutiva e ecológica. São Paulo: Moderna, 1997. 1. ed., v.2, p. 265 (Adaptação).

Na tabela a seguir, estão relacionados alguns fenômenos que ocorrem durante os movimentos respiratórios representados nas figuras A e B.

1. "Abaixamento" das costelas 2. Diminuição da pressão intra-torácica 3. Contração do diafragma 4. Contração dos músculos intercostais	5. Elevação do diafragma 6. Diminuição do volume da caixa torácica. 7. Relaxamento do diafragma 8. Elevação das costelas.

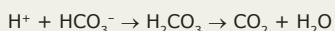
A opção que correlaciona corretamente os números que indicam os fenômenos da tabela com movimentos respiratórios representados nas figuras é:

	Movimento A	Movimento B
A)	1, 5, 6 e 7	2, 3, 4 e 8
B)	2, 4 e 8	1, 3, 5, 6 e 7
C)	1, 3, 5 e 6	2, 4, 7 e 8
D)	2, 4, 7 e 8	1, 3, 5 e 6
E)	1, 2, 7 e 8	3, 4, 5 e 6

BIOLOGIA

GABARITO

Fixação

01. C
02. B
03. B
04. C
05. C

Propostos

01. C
02. E
03. E
04. C
05. C
06. B
07. C
08. D
09. D
10. A
11. A) O CO_2 encontra-se no plasma sanguíneo, principalmente na forma de íon bicarbonato (HCO_3^-). Nos capilares alveolares, os íons bicarbonato penetram nas hemácias, onde combinam-se com íons H^+ liberados pela hemoglobina, formando ácido carbônico que, por ação da enzima anidrase carbônica, dissocia-se em H_2O e CO_2. Por difusão, o CO_2 vai para o interior dos alvéolos pulmonares, sendo, então, eliminado através da expiração. Resumidamente, a equação que representa esse processo é:

$$H^+ + HCO_3^- \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow CO_2 + H_2O$$

B) A respiração forçada provoca uma diminuição do CO_2 sanguíneo, elevando o pH, fenômeno denominado alcalose.

C) A elevação do pH sanguíneo diminui o ritmo respiratório, que é regulado pelos centros respiratórios do bulbo.

12. A) A relação de causa e efeito se justifica porque o aumento sistemático do número de cigarros consumidos por ano, no período de 1920-1960, é acompanhado por um aumento significativo no número de mortes devido ao câncer de pulmão.

B) No período de 1960-1980, a quantidade de cigarros fumados por ano se estabiliza. Esse comportamento é acompanhado pelo número de mortes por câncer de pulmão, que também se estabiliza.

13. A) Os cílios estão presentes nas células do tecido epitelial pseudoestratificado que reveste as vias respiratórias humanas.

B) A paralisação e a destruição dos cílios acarreta o acúmulo de impurezas, inaladas com o ar, nas vias respiratórias.

C) A adrenalina tem ação vasoconstritora (provoca vasoconstrição) e, consequentemente, há o aumento da pressão arterial (hipertensão), o que aumenta os riscos de acidentes vasculares, como a ruptura de vasos sanguíneos.

D) A adrenalina é produzida pela medula das glândulas suprarrenais e pelas terminações nervosas do sistema nervoso autônomo simpático.

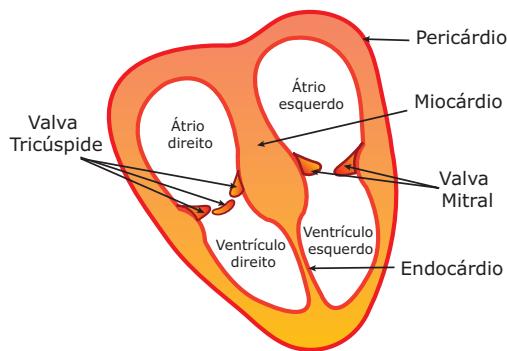
Seção Enem

01. A
02. A

BIOLOGIA

Sistema cardiovascular

MÓDULO 10

FRENTE B

Encarregado de realizar o transporte de substâncias em nosso organismo, o sistema circulatório pode ser subdividido em **sanguíneo** e **linfático**.

SISTEMA CIRCULATÓRIO SANGUÍNEO

Formado pelo coração e pelos vasos sanguíneos (artérias, arteríolas, capilares, veias e vênulas).

Coração

É um órgão predominantemente muscular, que tem a forma aproximada de um cone (morfologia cônica), o tamanho de um punho e pesa cerca de 250 g no indivíduo adulto. Localiza-se na cavidade torácica, atrás do osso esterno, acima do músculo diafragma, sobre o qual, em parte, repousa no espaço compreendido entre os dois pulmões (mediastino). Fica disposto obliquamente, com a sua maior porção voltada para o lado esquerdo do plano mediano do nosso corpo.

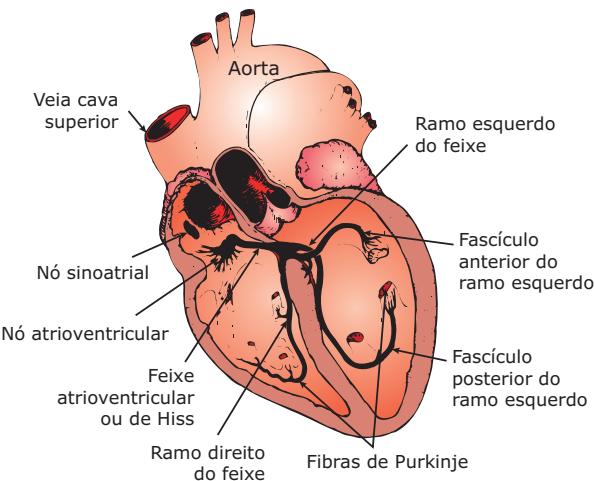
Coração *– Externamente, é envolvido e protegido por uma membrana serosa, o pericárdio. Internamente, é dividido em quatro câmaras (cavidades), ou seja, é um coração tetracavitário. As câmaras cardíacas superiores são os átrios (aurículas) direito e esquerdo, enquanto as câmaras inferiores são os ventrículos direito e esquerdo. O revestimento interno dessas câmaras é o endocárdio. Entre o pericárdio e o endocárdio, há predominância de tecido muscular, o tecido muscular estriado cardíaco que forma o miocárdio (músculo do coração).*

Conforme mostra a figura anterior, os átrios direito e esquerdo não se comunicam, e o mesmo acontece com os dois ventrículos. Entretanto, cada átrio comunica-se com o ventrículo do mesmo lado através das chamadas comunicações atrioventriculares, nas quais encontramos as válvulas (valvas) cardíacas tricúspide e bicúspide.

A valva tricúspide é constituída por três membranas e localiza-se entre o átrio direito (AD) e o ventrículo direito (VD). A bicúspide, também chamada de valva mitral, é constituída por duas membranas e localiza-se entre o átrio esquerdo (AE) e o ventrículo esquerdo (VE). Essas valvas ora fecham as comunicações atrioventriculares, ora abrem-nas, dando um sentido unidirecional ao sangue, impedindo seu refluxo dos ventrículos para os átrios.

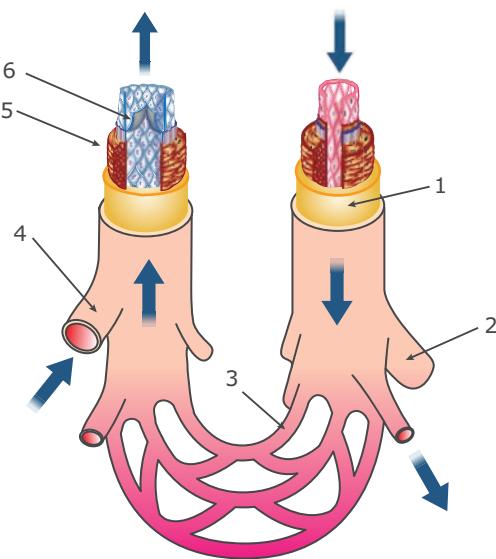
Sendo um órgão predominantemente muscular, o coração é especializado em realizar contração e relaxamento (descontração). A contração da musculatura cardíaca recebe o nome de sístole, enquanto o seu relaxamento é chamado de diástole.

Durante as sístoles, ocorre o esvaziamento das cavidades cardíacas, enquanto, nas diástoles, há o enchimento dessas cavidades.

A atividade de contração e de relaxamento do coração se faz da seguinte maneira: enquanto a porção superior do órgão, onde estão os átrios, contrai-se, a porção inferior, onde ficam os ventrículos, relaxa-se e vice-versa. Assim, temos:

- **Sístole Atrial (SA):** contração apenas da porção superior do coração, onde se localizam os átrios. Há o esvaziamento dos átrios.
- **Sístole Ventricular (SV):** contração apenas da porção inferior do coração, onde se localizam os ventrículos. Há o esvaziamento dos ventrículos.
- **Diástole Atrial (DA):** relaxamento apenas da porção superior do coração. Há o enchimento dos átrios.
- **Diástole Ventricular (DV):** relaxamento apenas da porção inferior do coração. Há o enchimento dos ventrículos.

Enquanto os átrios estão se enchendo de sangue, ou seja, durante a diástole atrial, as válvulas tricúspide e mitral mantêm fechadas as comunicações atrioventriculares. Com a contração dos átrios, ou seja, na sístole atrial, as válvulas abrem as comunicações atrioventriculares, e, assim, o sangue passa dos átrios para os ventrículos que, então, começam a se encher (diástole ventricular). Durante a diástole dos ventrículos, as valvas semilunares (no ponto de comunicação das artérias com os ventrículos) encontram-se fechadas. Quando cheios de sangue, os ventrículos contraem-se (SV), e, nesse momento, as valvas cardíacas voltam a fechar as comunicações atrioventriculares, impedindo, assim, que o sangue retorne dos ventrículos para os átrios. Simultaneamente, ocorre a abertura das valvas semilunares, e, assim, o sangue é lançado bruscamente no interior das artérias, que nascem nas cavidades inferiores do coração. Enquanto os ventrículos se esvaziam (SV), os átrios já estão novamente se enchendo (DA). Portanto, durante a sístole atrial (SA) e a diástole ventricular (DV), as válvulas cardíacas, tricúspide e mitral estão abertas; durante a sístole ventricular (SV) e a diástole atrial (DA), essas valvas se mantêm fechadas.

Cada diástole imediatamente seguida por uma sístole constitui um batimento cardíaco. O número de batimentos cardíacos realizados por minuto é a frequência cardíaca.

Em um indivíduo adulto normal, em condições de repouso, a frequência cardíaca é em torno de 70 batimentos por minuto. O aumento dessa frequência é denominado taquicardia, e a diminuição, bradicardia.

Embora tenha o ritmo de suas contrações regulado pelo sistema nervoso, o miocárdio não depende deste para se contrair, uma vez que é um músculo autoestimulável, isto é, possui um sistema próprio para gerar estímulos e transmitir a excitação produzida. Desse sistema, fazem parte estruturas constituídas por células musculares especializadas, as quais são denominadas nós, nodos ou nódulos e localizam-se no átrio direito. Existem o nó (nódulo) sinoatrial (situado no ponto onde a veia cava superior penetra no átrio direito) e o nó (nódulo) atrioventricular (localizado entre o átrio direito e o ventrículo direito). O nódulo sinoatrial comanda os impulsos, sendo, portanto, o controlador das contrações cardíacas, o que o torna um marca-passo da dinâmica do coração. Também fazem parte desse sistema autoestimulável do coração o feixe de Hiss (fascículo atrioventricular) e as fibras de Purkinje (miócitos condutores cardíacos). O feixe de Hiss ou fascículo atrioventricular origina-se do nódulo atrioventricular e é formado por células semelhantes às do nódulo, que conduzem o estímulo elétrico para o septo interventricular. As fibras de Purkinje são formadas por células semelhantes às do feixe de Hiss, porém mais alongadas, e têm como função distribuir o estímulo pelas paredes dos ventrículos.

Esquema do sistema gerador e condutor do estímulo cardíaco *– O batimento do coração é controlado pelo nó sinoatrial, que funciona como o marca-passo do coração. Desse nódulo, o estímulo espalha-se pelo tecido muscular atrial, fazendo com que os dois átrios se contraiam simultaneamente. Quando a onda de excitação alcança o nó atrioventricular, suas fibras condutoras passam o estímulo ao feixe de Hiss e às fibras de Purkinje, desencadeando a contração simultânea dos ventrículos. Como as fibras do nódulo atrioventricular conduzem o estimulo de modo relativamente lento, os ventrículos só se contraem depois de completada a batida atrial.*

Vasos sanguíneos

Compreendem as artérias, as arteríolas, as vênulas, as veias e os capilares sanguíneos.

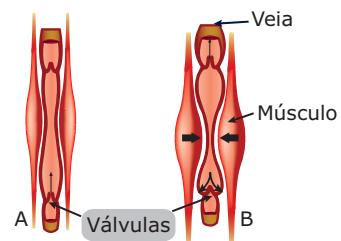
Sistema vascular sanguíneo *–* ***1.*** *Artéria;* ***2.*** *Arteríola;* ***3.*** *Capilar;* ***4.*** *Vênula;* ***5.*** *Veia;* ***6.*** *Válvula venosa. Observe que os capilares fazem a conexão entre a circulação arterial e a circulação venosa.*

As artérias são vasos que conduzem o sangue do coração para os diversos tecidos do corpo. Pode-se dizer que são vasos sanguíneos eferentes em relação ao coração, isto é, vasos que saem do coração. São dotadas de uma parede muscular espessa e elástica. O tecido muscular liso de suas paredes confere a elasticidade necessária para suportar a grande pressão do sangue no seu interior. Não fosse essa elasticidade, as artérias se romperiam, em consequência da grande pressão exercida pelo sangue, notadamente no momento da sístole ventricular (momento em que o sangue passa bruscamente dos ventrículos para o interior das artérias). Por isso, as artérias "pulsam".

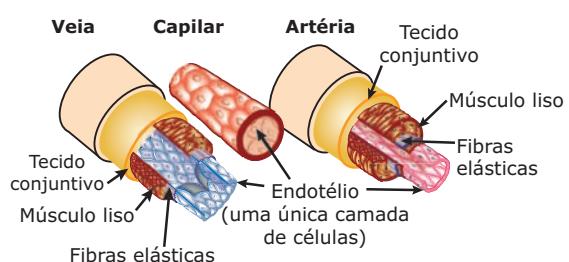
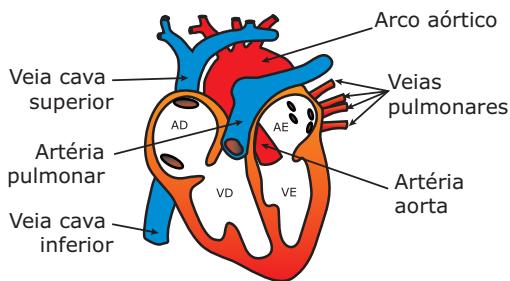
A pressão arterial é a força que o sangue exerce sobre as paredes das artérias. Com o auxílio de um aparelho denominado esfigmomanômetro, pode-se medir os valores da pressão arterial. Seu valor máximo, em torno de 120 mmHg nos indivíduos adultos normais, ocorre durante a sístole ventricular. Por outro lado, no momento da diástole ventricular, a pressão arterial alcança valores mínimos, em torno de 80 mmHg. Assim, temos:

Pressão arterial máxima ou sistólica:
É obtida quando ocorre a sístole ventricular.

Pressão arterial mínima ou diastólica:
É obtida quando ocorre a diástole ventricular.

A hipertensão (pressão alta) ocorre quando a pressão mínima está acima de 90 ou 100 mmHg, e a máxima atinge mais de 150 mmHg. Essa anomalia pode ser desencadeada por vários fatores, como o estresse emocional, a alimentação inadequada (rica em gorduras e sais) e a vida sedentária. A hipertensão aumenta os riscos de doenças cardiovasculares e seu controle pode ser feito com medicamentos, dieta, exercícios físicos e relaxamento.

A queda nos valores normais da pressão arterial constitui a hipotensão (pressão baixa). Uma pressão sistólica abaixo de 100 mmHg para o adulto é considerada baixa. A hipotensão pode ocorrer em algumas doenças, como na tuberculose, na doença de Addison (insuficiência do córtex da suprarrenal), no hipotireoidismo, etc. Os casos agudos de hipotensão são denominados choques circulatórios, durante os quais a pressão pode cair a 40, 30 e mesmo 0 mmHg.

Ao longo de sua trajetória, as artérias dão origem a ramificações que penetram nos diversos órgãos do corpo. Essas ramificações vão se tornando cada vez mais finas, até que, nos tecidos, atingem o seu menor diâmetro e passam a ser chamadas de arteríolas. As arteríolas, por sua vez, dão origem a ramificações ainda mais finas, formando os capilares.

Os capilares são os vasos sanguíneos de menor calibre. Suas paredes são delgadas, permeáveis, formadas por uma única camada de células, através das quais ocorre troca de materiais entre o sangue e os tecidos adjacentes. É na rede de capilares que se dá a passagem do O_2 da corrente sanguínea para as células dos tecidos, a passagem do CO_2 produzido pela atividade respiratória dos tecidos para a corrente sanguínea, a passagem de nutrientes (aminoácidos, glicose, vitaminas, etc., que foram absorvidos no intestino) para as células dos tecidos, etc. Após certa trajetória pelos tecidos, os capilares reúnem-se, formando vasos com calibre um pouco maior, denominados vênulas. As vênulas, por sua vez, desembocam numa veia.

As veias são vasos que conduzem o sangue para o coração. São, portanto, vasos aferentes em relação ao coração, isto é, vasos que chegam (desembocam) ao coração, trazendo sangue das diversas partes do nosso corpo. Suas paredes são mais finas e delicadas do que as das artérias e possuem válvulas (válvulas venosas) para impedir o refluxo de sangue no seu interior.

Válvulas venosas *– As válvulas existentes nas paredes das veias se abrem para permitir o movimento do sangue em direção ao coração e se fecham para evitar o refluxo.* ***A.*** *Os músculos estriados esqueléticos ao redor da veia estão relaxados; o fluxo de sangue é lento, as válvulas venosas estão abertas.* ***B.*** *Os músculos estão contraídos, pressionando as paredes da veia; as válvulas inferiores se fecham impedindo o refluxo do sangue.*

A figura a seguir mostra algumas diferenças estruturais entre as artérias e as veias.

Estrutura dos vasos sanguíneos *– Observe que as artérias têm paredes mais grossas, capazes de suportar a grande pressão do sangue que deixa o coração no momento da sístole ventricular. As paredes dos capilares são finas, constituídas por uma única camada de células, o que permite uma rápida troca de gases, nutrientes e resíduos entre o sangue e os tecidos. As veias possuem luzes mais amplas e paredes mais finas em relação às das artérias.*

A figura a seguir mostra os locais do nosso coração onde nascem e desembocam os principais vasos sanguíneos do nosso corpo: a artéria aorta, a artéria pulmonar, as veias cavas e as veias pulmonares.

Coração humano e vasos sanguíneos *– Na origem das artérias, junto aos ventrículos, também existem válvulas. São as válvulas semilunares (válvula aórtica, do lado esquerdo, e válvula pulmonar, do lado direito). São essas válvulas que impedem o sangue de retornar aos ventrículos depois que deles saem. AD. Átrio direito; VD. Ventrículo direito; AE. Átrio esquerdo; VE. Ventrículo esquerdo.*

A) **Artéria aorta** – É o maior vaso sanguíneo do corpo humano. Nasce no ventrículo esquerdo, dirige-se para cima, onde assume uma trajetória arqueada, formando o arco aórtico (cajado aórtico). Em sequência, desce por trás do coração, percorre toda a cavidade torácica, atravessa o músculo diafragma (músculo que separa a cavidade torácica da cavidade abdominal) e penetra na cavidade abdominal, percorrendo-a em toda a sua extensão. Ao longo de toda essa trajetória, a artéria aorta dá origem a ramificações, tais como as artérias coronárias (que irrigam o coração), as artérias carótidas (levam o sangue para a cabeça), as artérias subclávias (irrigam os braços), a artéria gástrica (irriga o estômago), a artéria hepática (irriga o fígado), a artéria pancreática (leva sangue para o pâncreas), artérias mesentéricas (irrigam os intestinos), as artérias renais (levam sangue para os rins), as artérias pudendas (irrigam os órgãos genitais) e as artérias ilíacas (levam sangue para os membros inferiores).

A artéria aorta conduz sangue arterial (sangue rico em O_2 e pobre em CO_2) do coração para os diferentes tecidos do nosso corpo. Ao passar pela rede de capilares dos tecidos, ocorre a troca de gases respiratórios entre o sangue e os tecidos, isto é, o O_2 difunde-se daquele para estes, e o CO_2 faz uma trajetória inversa. Desse modo, o sangue se torna venoso (sangue rico em CO_2 e pobre em O_2). Esse sangue venoso, então, retorna ao coração por intermédio das veias cavas. Assim, o sangue que sai do coração através da artéria aorta retorna ao mesmo por intermédio das veias cavas.

B) **Veias cavas** – Desembocam no átrio direito, trazendo o sangue venoso dos diferentes tecidos para o coração. A veia cava superior traz o sangue da cabeça e dos membros superiores, enquanto a cava inferior traz o sangue dos membros inferiores, do abdome e do tórax. Do átrio direito, onde é despejado, o sangue venoso passa ao ventrículo direito, de onde sai através da artéria pulmonar.

C) **Artéria pulmonar** – Nasce no ventrículo direito e, após um curto trajeto, bifurca-se, originando a artéria pulmonar direita, que se dirige para o pulmão direito, e a artéria pulmonar esquerda, que vai para o pulmão esquerdo. A artéria pulmonar conduz sangue venoso do coração para os pulmões. Nos pulmões, no nível dos capilares alveolares, esse sangue passa de venoso a arterial. Desse modo, volta a ficar rico em O_2 e retorna ao coração por intermédio das veias pulmonares.

D) **Veias pulmonares** – Em número de quatro, essas veias desembocam no átrio esquerdo, trazendo sangue arterial dos pulmões para o coração. De cada pulmão, saem duas veias pulmonares. O sangue arterial que é despejado por essas veias no átrio esquerdo passa para o ventrículo esquerdo, de onde sai para as diferentes partes do nosso corpo através da artéria aorta.

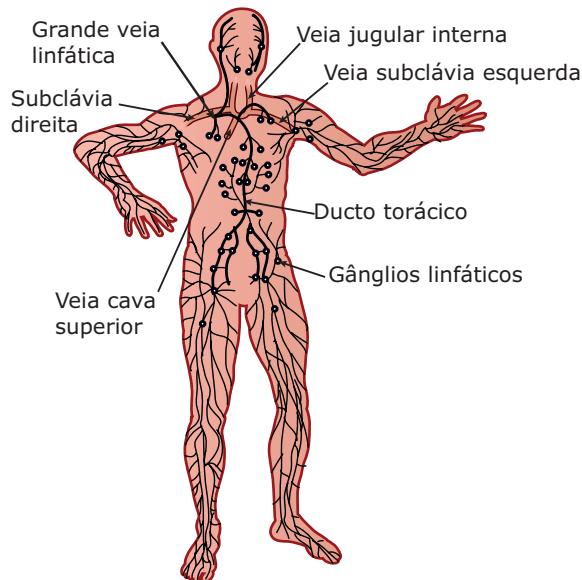
A circulação do sangue em nosso organismo é feita através de dois circuitos bem definidos: grande circulação e pequena circulação.

- **Grande circulação (circulação sistêmica)** – Começa no ventrículo esquerdo e termina no átrio direito. É realizada entre o coração e os tecidos do corpo.

O sangue arterial do ventrículo esquerdo sai do coração através da artéria aorta, sendo levado aos tecidos, onde, no interior dos capilares, ocorre a troca de gases respiratórios: o sangue deixa o O_2 para as células dos tecidos e recebe destas o CO_2. Assim, passa de arterial a venoso. O sangue venoso retorna ao coração por meio das veias cavas, sendo despejado no átrio direito. Essa trajetória do sangue pode ser resumida da seguinte maneira:

Grande circulação

Ventrículo esquerdo → Artéria aorta → Capilares (tecidos) → Veias cavas → Átrio direito

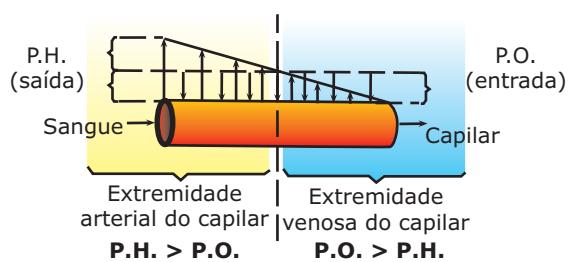
- **Pequena circulação (circulação pulmonar)** – Começa no ventrículo direito e termina no átrio esquerdo. É realizada apenas entre o coração e os pulmões.

O sangue venoso sai do ventrículo direito através da artéria pulmonar, sendo levado aos pulmões, onde, no interior dos capilares alveolares, ocorre a hematose (passagem do sangue venoso para sangue arterial). O sangue arterial retorna ao coração por intermédio das veias pulmonares, sendo despejado no átrio esquerdo. Essa trajetória do sangue pode ser resumida da seguinte maneira:

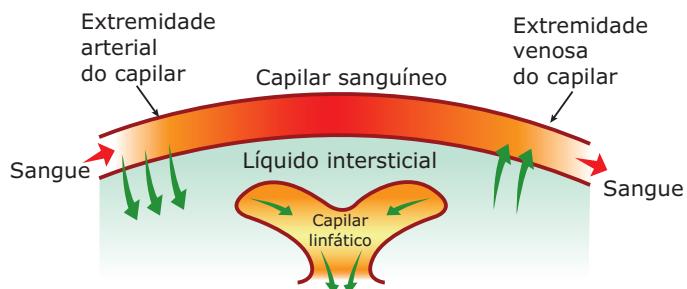
Pequena circulação

Ventrículo direito → Artéria pulmonar → Capilares alveolares → Veias pulmonares → Átrio esquerdo

SISTEMA CIRCULATÓRIO LINFÁTICO

É formado pelos vasos linfáticos que se distribuem por todo o corpo. O vasos linfáticos de menor calibre são os capilares linfáticos, que têm diâmetro um pouco maior que o dos capilares sanguíneos. Os capilares linfáticos nascem nos tecidos e se reunem uns com os outros, formando vasos cada vez mais grossos, que convergem para o canal torácico ou para a grande veia linfática, os dois maiores vasos linfáticos do corpo. Esses dois vasos abrem-se na circulação sanguínea: o canal torácico abre-se na veia subclávia esquerda, enquanto a grande veia linfática desemboca na veia subclávia direita. As veias subclávias são ramos da veia cava e se situam na altura das clavículas.

Rede linfática do organismo humano *– A linfa, depois de circular pelo interior dos vasos linfáticos, é lançada na corrente sanguínea.*

Ao longo de sua trajetória, os vasos linfáticos atravessam nódulos constituídos por tecido linfoide e denominados linfonodos (gânglios linfáticos). Estes funcionam como "filtros", retirando da linfa substâncias nocivas, partículas estranhas (bactérias, vírus, etc.) e células mortas. Além disso, neles há uma intensa maturação de linfócitos (células de defesa, produtoras de anticorpos). Portanto, os linfonodos são órgãos de defesa do organismo humano. O inchaço desses órgãos, em consequência de algum tipo de infecção, é conhecido por íngua. Muitas vezes, quando o nosso corpo é invadido por micro-organismos causadores de infecção, os glóbulos brancos dos linfonodos próximos ao local da invasão começam a se multiplicar ativamente para combater os invasores, e, assim, os gânglios incham, originando as ínguas.

Os vasos linfáticos também ajudam no transporte de certos nutrientes, sobretudo os de origem lipídica (gorduras), que são absorvidos no intestino e entram nos vasos quilíferos (vasos linfáticos das vilosidades intestinais).

A linfa que circula pelo interior dos vasos linfáticos é formada nos tecidos a partir do sangue. Sua circulação é impulsionada principalmente pelas contrações dos músculos do corpo. No interior dos vasos linfáticos, em especial nos de maior calibre, existem válvulas semelhantes às válvulas venosas que impedem o refluxo da linfa.

A formação da linfa

Quando o sangue atinge os finos capilares sanguíneos, a pressão sanguínea (pressão hidrostática) força a saída de parte do plasma sanguíneo através das delgadas paredes dos capilares. Essa parte do plasma que sai da corrente sanguínea e banha diretamente as células dos tecidos passa a ser chamada de líquido tissular ou líquido intersticial. O líquido tissular tem a mesma composição química do plasma sanguíneo, com exceção das macromoléculas proteicas. Estas normalmente não atravessam as paredes dos capilares, permanecendo em altas concentrações no interior dos vasos, onde exercem uma força de natureza osmótica denominada pressão oncótica, que reabsorve parte do líquido tissular para o interior dos capilares. Desse modo, constatamos a existência de duas forças antagônicas atuando no nível dos capilares sanguíneos: a pressão sanguínea (pressão hidrostática) e a pressão oncótica. A pressão sanguínea, predominantemente mais forte na extremidade arterial do capilar, provoca o extravasamento do líquido plasmático. Com a saída desse líquido para os tecidos, a pressão sanguínea, no interior do capilar, diminui progressivamente. Assim, na extremidade venosa do capilar sanguíneo, a pressão sanguínea torna-se menor que a pressão oncótica, o que, então, determina a reabsorção de boa parte do líquido tissular para o interior dos capilares.

P.H. = Pressão Hidrostática (pressão sanguínea) *– Provoca a saída de plasma sanguíneo na extremidade arterial do capilar sanguíneo;* ***P.O. = Pressão Oncótica (pressão osmótica das proteínas plasmáticas)*** *– Provoca a reabsorção de parte do líquido tissular pela extremidade venosa do capilar sanguíneo.*

A parte do líquido tissular que não é reabsorvida pela extremidade venosa do capilar sanguíneo é coletada pelos capilares linfáticos que nascem nos tecidos. Uma vez no interior dos vasos linfáticos, esse líquido passa a ser denominado linfa. A linfa é, na realidade, um filtrado do plasma sanguíneo que é recolhido do meio intersticial pelos vasos linfáticos e devolvido ao sangue após a eliminação de elementos nocivos.

LEITURA COMPLEMENTAR

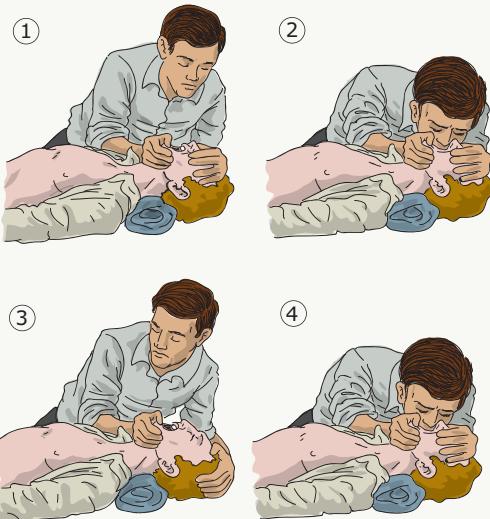
Parada cardiorrespiratória

A parada cardiorrespiratória (PCR) é a interrupção completa da circulação do sangue e da respiração. Não escolhe hora e nem local para ocorrer. Pode acontecer em casa, na rua, no escritório, no ônibus, etc. O socorro médico precisa ser imediato.

Enquanto se aguarda a chegada do desfibrilador (aparelho que ajuda o coração a voltar a funcionar) e a ajuda especializada para o paciente, proceda da seguinte forma:

1) Coloque a pessoa deitada no chão de barriga para cima ou em outra superfície plana e firme.

2) Incline a cabeça da vítima para trás, de modo que o queixo aponte para cima.

3) Comece a reanimação (também conhecida por ressuscitação cardiopulmonar) fazendo as compressões torácicas (massagem cardíaca) e as respirações boca a boca. A reanimação deve ser realizada até que a vítima recupere sua respiração e seus batimentos cardíacos ou até a chegada do atendimento médico.

***Reanimação** – A reanimação deve alternar 30 compressões torácicas para cada 2 respirações boca a boca. Assim, será mais eficaz se realizada por 2 socorristas (enquanto um faz a massagem cardíaca, o outro faz a respiração boca a boca). Após a reanimação, mantenha a vítima deitada (não deixe que ela se sente ou se levante) até a chegada do socorro médico.*

***Massagem cardíaca** – Coloque-se de joelhos ao lado dos ombros da vítima. Apoie suas mãos, uma em cima da outra, no meio do osso esterno (osso do peito), na altura da linha imaginária que vai de um mamilo a outro. Usando o peso da parte de cima do seu corpo e não a força dos braços, comprima verticalmente o tórax do acidentado, assim como na reanimação.*

***Massagem cardíaca em bebês e crianças** – Em bebês, as compressões devem ser feitas apenas com um ou dois dedos posicionados no centro do tórax, entre os dois mamilos. Em crianças de até 10 anos, use somente uma das mãos para fazer as compressões torácicas.*

***Respiração boca a boca** – Incline a cabeça do acidentado para trás. Caso a língua da vítima esteja bloqueando a entrada de ar, puxe-a para frente. **1.** Tape as narinas da vítima e abra-lhe a boca; **2.** Encha seus pulmões de ar e, com a boca colada na boca da vítima, sopre com força até observar que o tórax dela se eleva; **3.** Destape as narinas da vítima e observe o esvaziamento dos pulmões; **4.** Recomece a operação.*

Infarto do miocárdio

O infarto do miocárdio, também conhecido por "ataque cardíaco", é resultante da interrupção súbita do fluxo sanguíneo para uma parte do músculo cardíaco, devido à obstrução em uma das coronárias (ramos da artéria aorta que irrigam o coração). Essa interrupção pode causar a morte das células por falta de oxigênio e nutrientes.

Pessoas com excesso de peso, com taxas elevadas de colesterol e triglicérides, sedentárias, fumantes, hipertensas, diabéticas e pessoas que possuem histórico familiar de doença coronariana correm um risco maior de ter um infarto. Seu sintoma clássico é a dor em aperto no peito, com duração de mais de 20 minutos, com irradiação para o braço esquerdo. Sudorese excessiva, palidez, tontura e desmaio também são frequentes. É preciso ressaltar, entretanto, que algumas pessoas com infarto podem apresentar um quadro clínico pouco típico, como desconforto torácico, náuseas, vômitos, azia e dores no pescoço.

Havendo suspeita de infarto, a pessoa precisa urgentemente de assistência médica. Enquanto se aguarda o atendimento médico, alguns procedimentos podem ser úteis e até salvar a vida do infartado. São eles:

1) Não deixar que a pessoa faça qualquer esforço (andar, abaixar-se, subir escada, etc.). O esforço faz com que o coração seja mais solicitado (trabalhe mais), o que agrava o processo de necrose (morte) do músculo cardíaco.

2) Afrouxar as roupas da vítima e procurar mantê-la deitada em local calmo e ventilado.

3) Caso a vítima esteja consciente, providenciar, se possível, que ela tome 2 comprimidos de ácido acetilsalicílico (aspirina) infantil. Isso diminui a possibilidade de formação de trombos. Não lhe dê nenhuma bebida ou calmante.

4) Caso haja parada cardíaca, fazer a reanimação cardiorrespiratória.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

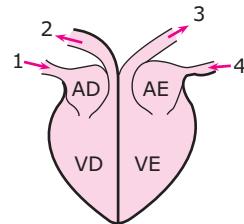
01. (Cesgranrio) O coração funciona como uma bomba. Nos mamíferos, o sangue com baixo teor de oxigênio é enviado aos pulmões. Por outro lado, o sangue oxigenado nos pulmões é mandado para vários setores do organismo. Assinale a opção **CORRETA** entre as a seguir apresentadas.

A) O sangue que sai do ventrículo esquerdo é enviado aos pulmões para a oxigenação.

B) O átrio direito recebe sangue das veias cavas e o envia para o organismo.

C) As veias pulmonares levam sangue oxigenado para o átrio esquerdo.

D) O ventrículo direito recebe sangue oxigenado e o envia para o organismo.

E) A aorta sai do ventrículo direito e transporta sangue oxigenado.

02. (PUC Minas) São feitas a seguir algumas afirmações sobre o sistema circulatório humano. Marque a alternativa que contém a afirmativa **CORRETA**.

A) As artérias só conduzem sangue arterial.

B) A aorta emerge a partir da aurícula esquerda do coração.

C) Algumas veias conduzem sangue arterial.

D) O ventrículo esquerdo do coração é quem recebe a veia cava.

E) A parede das artérias é mais fina que a parede das veias.

03. (FCC-SP) Sabendo-se que a estrutura das veias e das artérias está estreitamente relacionada com a sua função, deve-se esperar que as paredes das artérias tenham, em relação às paredes das veias,

A) a mesma quantidade de tecido muscular e tecido elástico.

B) menos tecido muscular e mais tecido elástico.

C) mais tecido muscular e menos tecido elástico.

D) mais tecido muscular e mais tecido elástico.

E) menos tecido muscular e menos tecido elástico.

04. (PUC Minas) Observe a figura a seguir, que representa o desenho esquemático de um coração humano:

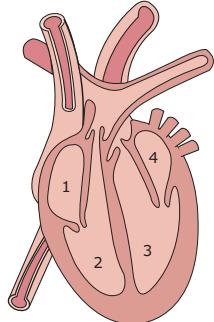
São vasos que transportam sangue venoso

A) 1, 2 e 3.

B) 1 e 2, apenas.

C) 1 e 4, apenas.

D) 2 e 3, apenas.

E) 2 e 4, apenas.

05. (FCMMG) Galeno (129-200) foi provavelmente o autor que mais influiu no desenvolvimento das ciências biomédicas, tendo sua influência se estendido por 15 séculos. Ele ensinava que o coração do homem tem pequenos orifícios nas paredes que separam o lado direito e o esquerdo e que o coração pode continuar batendo mesmo quando separado dos nervos.

Esses ensinamentos continham acertos e erros. De acordo com o texto anterior e com os seus conhecimentos de Biologia, pode-se considerar **CORRETO** que

A) o coração continua batendo mesmo quando isolado dos nervos.

B) no coração humano só há comunicação interatrial, mas não interventricular.

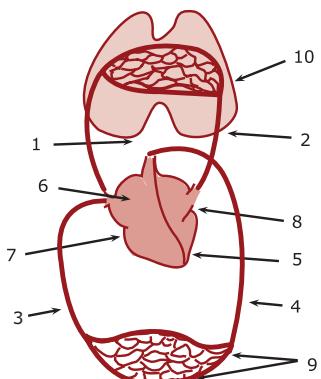
C) no coração humano só há comunicação interventricular, mas não interatrial.

D) todos esses ensinamentos estão incorretos, à luz da ciência atual.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG) No coração de um mamífero, a seguir representado, o sangue que chega e que sai circula nas cavidades obedecendo ao seguinte sentido:

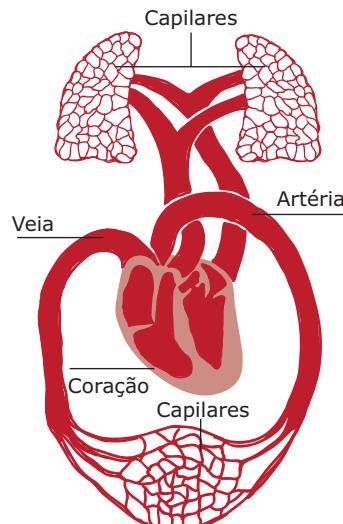
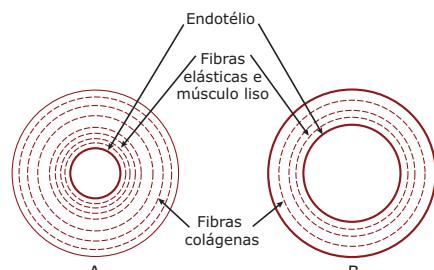
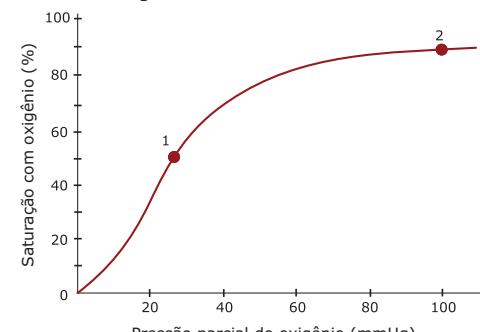
A) 1 - 4 - 3 - 2 - 1
B) 4 - 1 - 2 - 3 - 4
C) 3 - 1 - 2 - 4 - 3
D) 3 - 4 - 1 - 2 - 3
E) 1 - 2 - 3 - 4 - 1

02. (UFRN–2010) Uma das consequências da doença de Chagas é a insuficiência cardíaca, que ocasiona o crescimento do coração.

Em situações normais, o ritmo do coração é assegurado por processos cíclicos de

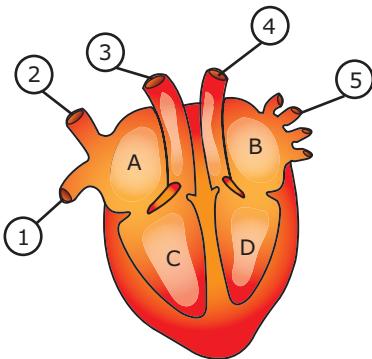
A) contração atrial esquerda, devido à saída de sangue para a artéria aorta.
B) sístole dos dois átrios e completo preenchimento de sangue nos ventrículos.
C) relaxamento simultâneo das cavidades direitas e saída de sangue para o pulmão.
D) diástole do ventrículo esquerdo, permitindo a entrada de sangue diretamente da veia cava.

03. (Cesgranrio) Nas opções a seguir, estão relacionadas cavidades cardíacas e vasos sanguíneos. Assinale aquela que reúne cavidades e vasos nos quais, no homem adulto, o sangue encontrado será sempre sangue arterial.

A) Ventrículo esquerdo, aorta e artéria pulmonar.
B) Aurícula esquerda, veia pulmonar e aorta.
C) Ventrículo direito, artéria pulmonar e aorta.
D) Aurícula direita, veia cava e veia pulmonar.
E) Ventrículo direito, veia pulmonar e artéria pulmonar.

04. (PUC Rio)

No esquema anterior, é **CORRETO** dizer que

A) a estrutura 1 é a artéria aorta e conduz sangue arterial a partir do ventrículo direito.
B) ao nível da estrutura 9 o sangue perde CO_2 e recebe O_2, no fenômeno da hematose.
C) a estrutura 2 é a artéria pulmonar e traz sangue arterial dos pulmões para o coração.
D) a estrutura 4 faz parte da pequena circulação.
E) na estrutura 5 começa a grande circulação.

05. (FMABC-SP) Normalmente, as paredes dos capilares sanguíneos são impermeáveis a moléculas grandes de proteínas, responsáveis pela manutenção da pressão osmótica plasmática dos capilares mais alta do que a dos tecidos adjacentes. Em alguns casos, essas paredes tornam-se muito permeáveis, permitindo o extravasamento dessas proteínas para os tecidos. Uma das presumíveis consequências dessa anomalia é

A) a formação de edema nos tecidos.
B) o aumento do volume sanguíneo nos capilares.
C) o aumento da pressão osmótica do sangue nos capilares.
D) o aumento da pressão sanguínea na extremidade arterial do capilar.
E) o aumento da pressão sanguínea na extremidade venosa do capilar.

06. (UFPE–2010 / Adaptado) O coração e os pulmões humanos desempenham uma série de atividades em conjunto, para garantir o transporte de oxigênio às células e a remoção do gás carbônico liberado como produto da respiração celular. Sobre a integração morfofuncional desses órgãos, observe a figura a seguir e considere as afirmações, assinalando a **INCORRETA**.

A) A pressão parcial de gás oxigênio (PO_2) no interior dos pulmões é maior que a do sangue presente nos capilares sanguíneos pulmonares; daí ocorrer a difusão do oxigênio dos alvéolos para o sangue.
B) Na hematose, ocorre a difusão de gás carbônico, que está combinado à hemoglobina sanguínea, na forma de carboemoglobina, para os alvéolos.
C) O coração é um órgão com quatro câmaras, das quais as duas superiores bombeiam sangue para as duas inferiores, o qual flui em um só sentido, devido às válvulas atrioventriculares.
D) A contração dos átrios, chamada de sístole atrial, provoca a saída do sangue diretamente para as artérias pulmonares, que possuem pequeno diâmetro para facilitar as trocas gasosas no pulmão.
E) A aorta recebe sangue do ventrículo esquerdo, rico em oxigênio, e o envia para o resto do corpo, enquanto as veias promovem o retorno da circulação sanguínea.

07. (Cesgranrio) A aurícula esquerda recebe o sangue proveniente diretamente do(a)

A) ventrículo direito.
B) pulmão.
C) fígado.
D) aurícula direita.
E) ventrículo esquerdo.

08. (UFMG) O aumento de peso é considerado um fator determinante do aparecimento de hipertensão arterial em crianças e adolescentes.

Todas as alternativas apresentam procedimentos recomendados para abaixar a pressão arterial, **EXCETO**

A) usar queijo curado em uma das refeições diárias.
B) estimular o consumo de fibras vegetais nas refeições.
C) praticar atividades físicas regulares.
D) evitar o consumo diário de carnes vermelhas.

09. (PUC Minas) A função do nódulo sinoatrial no coração humano é

A) regular a circulação coronariana.
B) controlar a abertura e o fechamento da válvula tricúspide.
C) funcionar como marca-passo, controlando a ritmicidade cardíaca.
D) controlar a pressão diastólica da aorta.

10. (PUC Minas) No homem, os batimentos cardíacos ocorrem contraindo

A) ao mesmo tempo átrios e ventrículos.
B) primeiro os átrios e depois os ventrículos.
C) primeiro os ventrículos e depois os átrios.
D) na ordem: átrio direito, ventrículo direito, átrio esquerdo, ventrículo esquerdo.
E) na ordem: átrio esquerdo, ventrículo esquerdo, ventrículo direito, átrio direito.

11. (UEL-PR) A função das válvulas existentes nas veias é

A) retardar o fluxo sanguíneo.
B) impedir o refluxo do sangue.
C) acelerar os batimentos cardíacos.
D) retardar as pulsações.
E) reforçar as paredes dos vasos.

12. (UFV-MG) Com relação às artérias, é **CORRETO** afirmar que

A) na estrutura de sua parede não há camada de músculo liso.
B) sua pressão sanguínea é menor que a das veias.
C) são vasos que transportam somente sangue arterial.
D) são pulsantes e eferentes em relação ao coração.
E) são dotadas de válvulas que impedem o refluxo de sangue.

13. (Mackenzie-SP) Observando um corte transversal de uma artéria e de uma veia, de acordo com o esquema a seguir, podemos afirmar:

A) A é artéria, pois possui muito mais musculatura lisa e fibras elásticas.
B) B é artéria, mostrando o sistema de válvulas para evitar o refluxo do sangue.
C) A é veia, indicando o fechamento da válvula.
D) A e B são artérias, sendo que A sai do coração, e B chega ao coração.
E) A e B são veias, sendo que A chega ao coração, e B sai do coração.

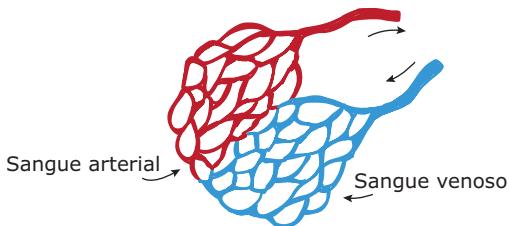
14. (UFRJ) O gráfico a seguir representa a saturação da hemoglobina com o oxigênio em função da pressão parcial do oxigênio no ambiente. Os dois pontos assinalados na curva representam os níveis de saturação da hemoglobina em função das pressões parciais de oxigênio no sangue arterial e no sangue venoso de um homem.

IDENTIFIQUE qual ponto corresponde à saturação venosa e qual corresponde à saturação arterial. **JUSTIFIQUE** sua resposta.

15. (Fatec-SP–2011) A figura representa o esquema da estrutura interna do coração de um mamífero. Com base nele, são feitas as afirmativas a seguir:

I. O número 4 indica a artéria aorta, o número 5 indica as veias pulmonares, e o sangue que circula no interior desses vasos é do tipo arterial.

II. As letras B e C são cavidades do coração por onde o sangue circulante é, respectivamente, venoso e arterial.

III. Os números 1 e 2 indicam, respectivamente, as artérias pulmonares direita e esquerda, sendo que o sangue circulante nesses vasos é venoso.

Está **CORRETO** o que se afirma em

A) I, apenas.
B) III, apenas.
C) I e II, apenas.
D) II e III apenas.
E) I, II e III.

SEÇÃO ENEM

01. Os capilares sanguíneos fazem a conexão entre a circulação venosa (sangue transportado pelas veias) e a circulação arterial (sangue transportado pelas artérias). Após o nascimento, as artérias (com exceção das artérias pulmonares) transportam sangue arterial (rico em O_2), e as veias (com exceção das veias pulmonares) transportam sangue venoso (rico em CO_2). Na rede de capilares de determinados órgãos, o sangue venoso passa a arterial e, em outros órgãos, ocorre o contrário, ou seja, o sangue arterial passa a sangue venoso.

A ilustração a seguir mostra a ligação entre a circulação venosa e a circulação arterial feita por capilares.

Com base na ilustração e em outros conhecimentos sobre o assunto, é correto dizer que esses capilares localizam-se

A) no cérebro.
B) nos pulmões.
C) no coração.
D) no fígado.
E) no intestino.

02. A pressão arterial é consequência da força que o sangue exerce contra as paredes das artérias para conseguir circular pelo corpo. A intensidade dessa força precisa ser mantida dentro de certos limites para não comprometer a circulação normal do sangue e a integridade dos vasos sanguíneos que, se submetidos a pressões muito elevadas, podem se romper, com consequentes prejuízos ao organismo, podendo inclusive levá-lo à morte.

O organismo é muito sensível a aumentos de pressão. A hipertensão é um mal silencioso, traiçoeiro e ao mesmo tempo "democrático", atingindo pessoas de todas as idades, inclusive crianças, e de todas as condições sociais.

Com o uso de um aparelho denominado esfigmomanômetro, é possível medir os valores da pressão arterial.

Atualmente, para uma pessoa adulta (com pelo menos 18 anos), os valores considerados ótimos para a pressão arterial são: máxima de 120 mmHg e mínima de até 80 mmHg (ou de forma mais simplificada: 12/8).

VARELLA, D; JARDIM, C. *Guia prático de saúde e bem-estar:* Hipertensão e Diabetes. São Paulo: Gold, 2009. (Coleção Doutor Drauzio Varella) (Adaptação).

As pressões máxima e mínimas são medida, respectivamente, durante a ocorrência dos seguintes fenômenos:

A) sístole atrial e sístole ventricular.
B) diástole atrial e diástole ventricular.
C) sístole atrial e diástole ventricular.
D) diástole ventricular e sístole ventricular
E) sístole ventricular e diástole ventricular.

GABARITO

Fixação

01. C 02. C 03. D 04. B 05. A

Propostos

01. C
02. B
03. B
04. E
05. A
06. D
07. B
08. A
09. C
10. B
11. B
12. D
13. A
14. O ponto 1 é o nível de saturação do sangue venoso. Essa pressão é baixa, pois grande parte do O_2 foi consumida pelos vários tecidos. O ponto 2 é o nível de saturação do sangue arterial. Essa diferença deve-se à hematose que ocorre no nível dos alvéolos pulmonares.
15. A

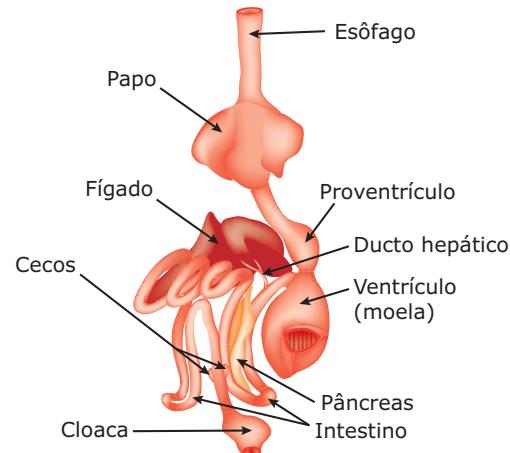
Seção Enem

01. B
02. E

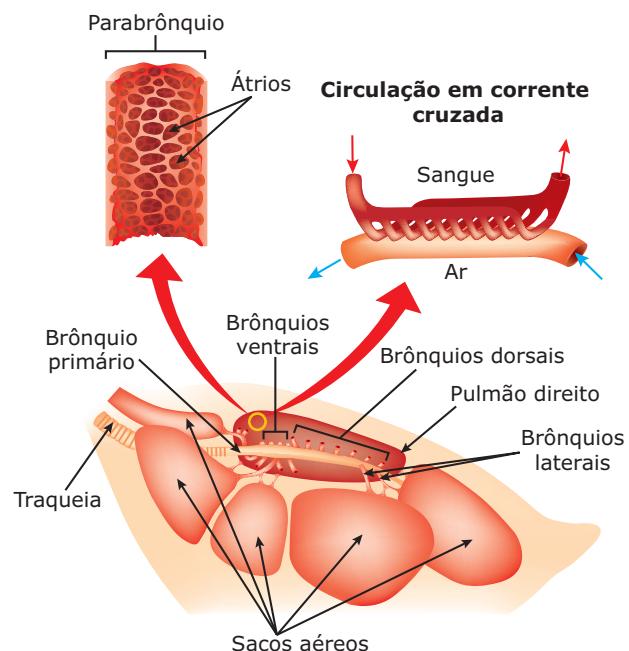
BIOLOGIA

MÓDULO 17 FRENTE C

Vertebrados: aves e mamíferos

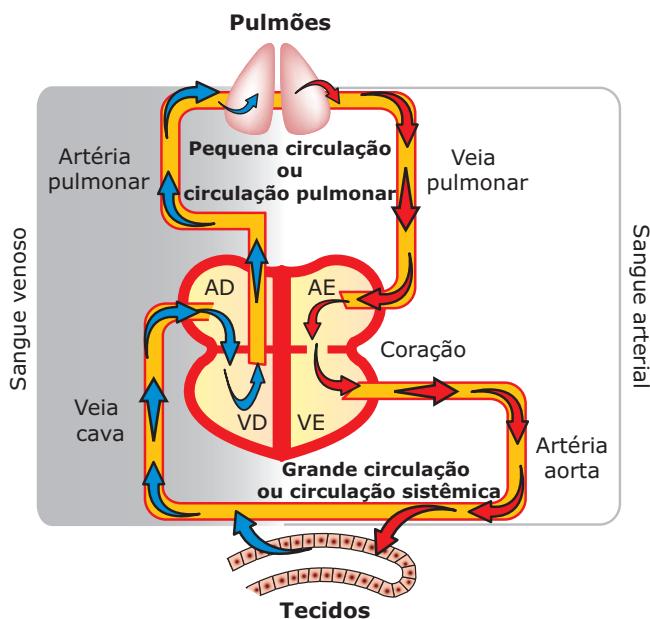
AVES

Características gerais

As aves são vertebrados bípedes, possuidores de penas inseridas na pele, com membros anteriores transformados em asas. A pele é seca, sem glândulas mucosas e com escamas córneas nas pernas. As penas são os anexos epidérmicos típicos das aves e, além de serem fundamentais ao voo, desempenham um papel importante no mecanismo de termorregulação, pois funcionam como isolantes térmicos.

Muitas aves têm, na região caudal, uma glândula, a glândula uropigiana (uropígea), produtora de uma secreção oleosa que é espalhada, com o auxílio do bico, sobre as penas para impermeabilizá-las. O fato de as penas de um pato, por exemplo, não se encharcarem, apesar de estarem em contato com a água, está relacionado a essa secreção.

À semelhança dos répteis, as aves possuem apenas um côndilo occipital.

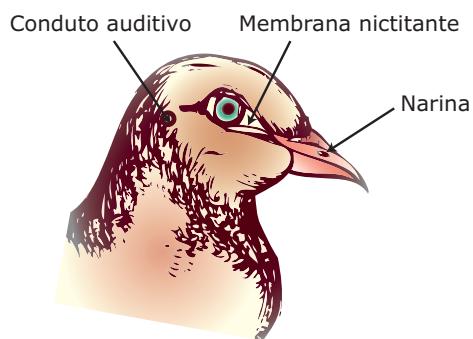
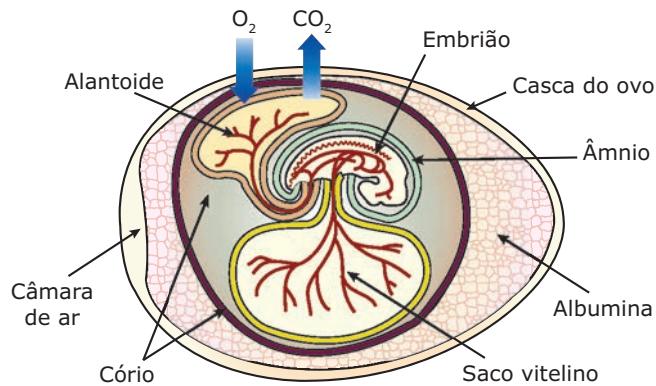
O tubo digestório é completo e contém glândulas anexas (glândulas salivares, fígado e pâncreas). As aves possuem um bico com cobertura córnea e com duas aberturas nasais (narinas) na parte superior. O bico é utilizado para obter e conduzir o alimento, para alisar as penas, para apanhar os materiais que formam o ninho e para construí-lo, entre outros propósitos, inclusive defesa. A forma do bico geralmente indica os hábitos alimentares de uma ave, sendo delgado em espécies que sondam em fendas ou capturam insetos; mais robusto, mas ainda alongado, em pica-paus que cavam na madeira; largo, mas delicado, em andorinhas que capturam insetos vivos durante o voo, etc. Esses animais não possuem dentes (adontes) e têm língua pouco desenvolvida. O esôfago tem uma dilatação, o papo, para armazenar e amolecer o alimento. Em algumas espécies, como nos pombos, existem glândulas especiais no papo, produtoras de uma secreção esbranquiçada rica em proteínas e lipídios que é regurgitada para alimentar os filhotes, ainda no ninho. Muitos chamam essa secreção de “leite de pombo”. Existem dois estômagos separados: o estômago químico (proventrículo) e o estômago mecânico (moela). Na moela, encontram-se pequenas pedras ingeridas pelo animal que contribuem para fazer a trituração do alimento. Essa atividade da moela, portanto, substitui a ação dos dentes, ausentes nas aves. O intestino abre-se numa cloaca.

Tubo digestório de uma ave

A respiração é pulmonar. Os pulmões são pequenos e não apresentam alvéolos, sendo atravessados por uma rede de canais, os parabrônquios, que são ramificações dos brônquios, que se comunicam por expansões chamadas sacos aéreos.

Sistema respiratório das aves *– Nas aves, o ar penetra nos pulmões com auxílio da elevação das costelas e aumento do volume do tronco. A partir dos pulmões, o ar penetra nos sacos aéreos através dos brônquios laterais, dorsais e ventrais.*

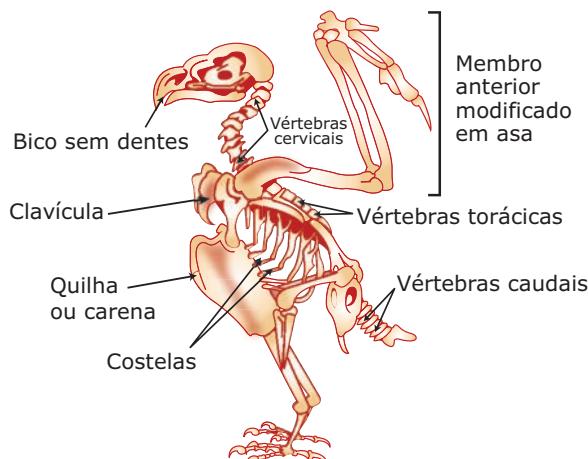
Extensões desses sacos aéreos penetram nos ossos pneumáticos. Apesar de compactos e quase rígidos, os pulmões das aves possuem uma razão de superfície de troca respiratória versus *volume cerca de dez vezes maior em relação aos mamíferos. Dos brônquios ventrais e dorsais, ramificam-se milhares de parabrônquios (com aproximadamente 1 mm de diâmetro) cujas paredes são constituídas de pequenos átrios que se entrelaçam com os capilares sanguíneos, formando um sistema de corrente cruzada, no qual ocorrem as trocas gasosas de modo extremamente eficiente. Na porção inferior da traqueia, as aves possuem uma estrutura típica, a siringe (não mostrada), cuja função é a de produzir o som das aves, sendo, portanto, o órgão canoro (do canto).*

As aves têm vários pares de sacos aéreos, ligados aos pulmões e às cavidades dos ossos pneumáticos (ossos longos e cheios de ar). Além de armazenarem ar, os sacos aéreos e também os ossos pneumáticos têm um papel fundamental na atividade de voo, pois são capazes de alterar a densidade do corpo do animal. Nesse sentido, têm função semelhante à da bexiga natatória dos peixes. As paredes dos sacos aéreos não são vascularizadas, portanto, não há troca de gases respiratórios nessas estruturas nem nos ossos pneumáticos.

A circulação das aves é fechada, dupla e completa. O coração é tetracavitário (duas aurículas e dois ventrículos), com o arco aórtico voltado para a direita.

Circulação nas aves (esquema) *– O átrio direito (AD) recebe sangue venoso proveniente dos diversos tecidos do corpo, enquanto o átrio esquerdo (AE) recebe sangue arterial vindo dos pulmões. Do átrio direito, o sangue venoso passa ao ventrículo direito (VD), de onde sai pela artéria pulmonar em direção aos pulmões. Nos pulmões, no nível dos capilares alveolares, ocorre a hematose, isto é, o sangue passa de venoso a arterial e, então, retorna ao coração pelas veias pulmonares, desembocando no átrio esquerdo. Do átrio esquerdo, o sangue arterial passa ao ventrículo esquerdo (VE), de onde sai pela artéria aorta em direção aos tecidos. Nos tecidos, o sangue passa de arterial a venoso, retornando ao coração através das veias que desembocam no átrio direito.*

As aves são animais uricotélicos que possuem rins metanéfrons cujos ureteres terminam na cloaca. Não possuem bexiga urinária.

O sistema nervoso, como nos demais vertebrados, é cerebroespinhal, subdividido em SNC (Sistema Nervoso Central) e SNP (Sistema Nervoso Periférico).

O sistema sensorial apresenta olhos bem desenvolvidos, havendo visão de cores. Sob as duas pálpebras, há uma fina e transparente membrana, a membrana nictitante, que tem a função de proteger os olhos durante o voo. Possuem ouvidos interno, médio e conduto auditivo externo.

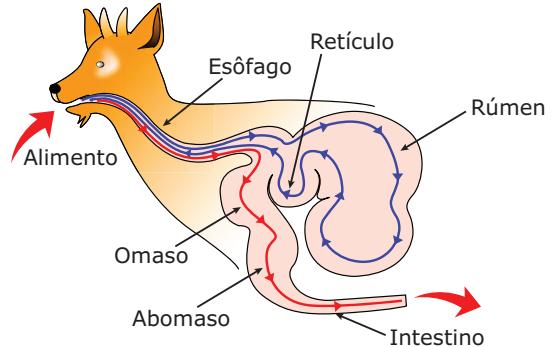
São animais dioicos, de fecundação interna, ovíparos e com desenvolvimento direto. Durante o desenvolvimento embrionário, formam quatro anexos: saco vitelino, âmnio, alantoide e cório.

Ovo das aves e seus anexos embrionários – ***Cório*** *(córion): membrana protetora que reveste mais externamente o embrião e os demais anexos embrionários.* ***Âmnio*** *(âmnion, bolsa amniótica): vesícula (bolsa) cheia de um líquido, o amniótico, que, além de amortecer os choques mecânicos, também protege o embrião contra a desidratação.* ***Alantoide****: tem função respiratória (realiza a troca dos gases respiratórios, O_2 e CO_2) e função excretora (recolhe e armazena as excretas nitrogenadas produzidas pelo metabolismo do embrião). Também retira minerais (cálcio) da casca, que serão utilizados na formação das primeiras estruturas esqueléticas mineralizadas do embrião.* ***Saco vitelino*** *(vesícula vitelínica): vesícula contendo reservas nutritivas (lipídios, proteínas) para o embrião.*

Classificação das aves

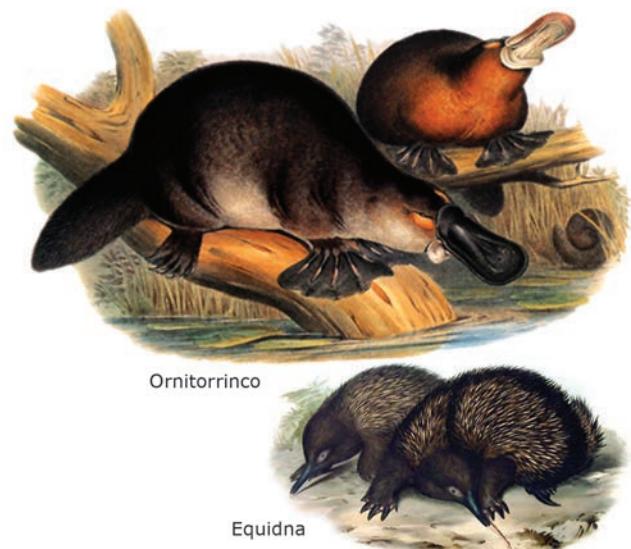
As aves atuais estão subdivididas em duas subclasses: carinatas e ratitas.

- **Carinatas** – São, em sua maioria, boas voadoras. O osso esterno possui uma projeção anterior, denominada quilha ou carena, na qual se inserem os potentes músculos peitorais, responsáveis pelo batimento das asas: os pequenos peitorais, que levantam as asas, e os grandes peitorais, que as abaixam. A carena, assim como a de um navio, auxilia o deslocamento, no caso das aves, no voo. Exemplos: sabiá, pardal, andorinha, tico-tico, etc. Os pinguins, embora possuam carena, não voam.
- **Ratitas** – São aves não voadoras. Têm asas reduzidas ou ausentes e o osso esterno sem quilha. Exemplos: ema, avestruz, quivi (kiwi).

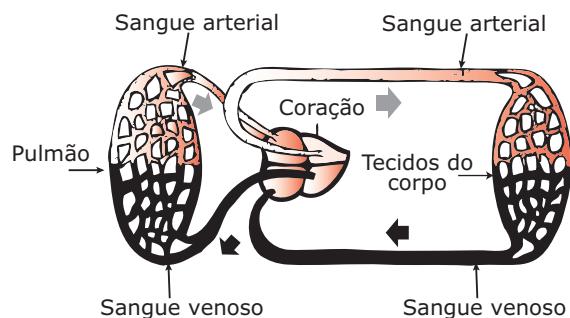
Esqueleto de uma ave voadora

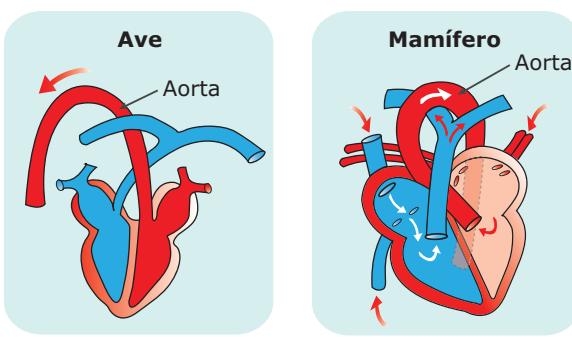
MAMÍFEROS

Características gerais

Os representantes da classe Mammalia se distinguem dos demais vertebrados pela presença de glândulas mamárias e por apresentarem o corpo total ou parcialmente recoberto por pelos. Na pele da maioria dos mamíferos, além dos pelos, há glândulas sudoríparas, que produzem o suor e participam do controle da temperatura (termorregulação), e glândulas sebáceas, produtoras de sebo (material lipídico que lubrifica os pelos e a pele). Outros anexos, como unhas, cascos, espinhos e chifres, também podem estar presentes.

O sistema digestório é completo e contém glândulas anexas (salivares, fígado e pâncreas).

Na maioria dos mamíferos, o estômago apresenta uma única cavidade, na qual se realizam os processos mecânicos e químicos da digestão. Entretanto, nos mamíferos ruminantes (vaca, cabra, carneiro, girafa, etc.), o estômago apresenta quatro câmaras: rúmen (pança), retículo (barrete), omaso (folhoso) e abomaso (coagulador).

Estômago de um ruminante – *O alimento entra na pança ou rúmen, vai ao barrete ou retículo e volta à boca, onde é novamente mastigado; é, em seguida, engolido, indo ao omaso (folhoso) e depois ao abomaso (coagulador), de onde passa para o intestino. Nas duas primeiras câmaras estomacais, isto é, no rúmen e no retículo, vivem micro-organismos (bactérias e protozoários) que produzem as enzimas necessárias para a digestão da celulose. O retorno do alimento do retículo para a boca se dá por uma inversão voluntária do peristaltismo do esôfago. Na segunda deglutição, a passagem direta do esôfago para o omaso é possível graças a uma prega longitudinal na parede do esôfago. Somente na última câmara, ou seja, no abomaso, há produção de enzimas digestivas pela parede do estômago.*

Na maioria dos mamíferos, o intestino abre-se no ânus. Entretanto, nos mamíferos ovíparos, como o ornitorrinco e o equidna, a abertura do intestino se faz numa cloaca.

Mamíferos ovíparos

Quanto ao sistema respiratório, todos os mamíferos, inclusive os aquáticos, como as baleias e os golfinhos, fazem a respiração pulmonar. Nos mamíferos, os pulmões atingem um elevado grau de complexidade. São revestidos por uma membrana serosa protetora, a pleura, e apresentam elevada superfície respiratória devido à presença de milhares de alvéolos. Os pulmões dos mamíferos estão assentados sobre o músculo diafragma. Esse músculo, que separa a cavidade torácica da cavidade abdominal, é uma exclusividade dos mamíferos e seus movimentos de contração e relaxamento são fundamentais para a entrada e saída do ar dos pulmões.

Os mamíferos aquáticos (baleias, golfinhos, peixe-boi), ou os que passam muito tempo na água (foca), precisam vir à tona, em determinados intervalos de tempo, em busca de ar.

O sistema circulatório dos mamíferos é semelhante ao das aves. A circulação é fechada, dupla e completa. O coração é tetracavitário (2 átrios e 2 ventrículos).

Circulação nos mamíferos

Uma diferença entre o sistema circulatório dos mamíferos, em relação ao das aves, diz respeito à curvatura da artéria aorta. Essa artéria nasce no ventrículo esquerdo, dirige-se para cima e faz uma curva sobre o coração, que é chamada de crossa ou arco aórtico. Nas aves, essa curvatura se dá para a direita; já nos mamíferos, para a esquerda.

Arco aórtico voltado para a direita

Arco aórtico voltado para a esquerda

Quanto à excreção, os mamíferos possuem rins metanéfrons. Em sua maioria, são animais ureotélicos. Os mamíferos ovíparos, à semelhança dos répteis e das aves, são uricotélicos.

O sistema nervoso é cerebroespinhal, subdividido em SNC (Sistema Nervoso Central) e SNP (Sistema Nervoso Periférico). A maioria das espécies são animais girencéfalos, isto é, a superfície externa do cérebro (córtex cerebral) apresenta um grande número de circunvoluções cerebrais (giros ou dobras) com muitos neurônios. Os mamíferos mais primitivos são lisencéfalos, isto é, o córtex cerebral é liso e com um número menor de neurônios.

O sistema sensorial é muito desenvolvido, sendo que muitas espécies têm visão de cores. Os mamíferos possuem ouvidos interno, médio e externo e, em muitos, o ouvido externo, além do conduto auditivo externo, também possui o pavilhão auditivo (orelha). São bem desenvolvidos os receptores gustativos da língua e os olfativos das mucosas nasais. Na superfície do corpo, também há um grande número de estruturas sensoriais relacionadas com a percepção de tato, pressão, frio, calor e dor.

São animais dioicos, de fecundação interna e, em sua maioria, vivíparos. Os mais primitivos, como o ornitorrinco e o equidna, são ovíparos. O desenvolvimento é direto.

Classificação dos mamíferos

A classe Mammalia está subdividida em três subclasses: **Prototheria** (prototérios), **Metatheria** (metatérios) e **Eutheria** (eutérios).

Mamíferos		
Prototérios	**Metatérios**	**Eutérios**
Mamíferos primitivos adelfos (as fêmeas não possuem vagina nem útero), com cloaca, são ovíparos e aplacentados (sem placenta). As fêmeas não possuem mamilo (o leite escorre pelos pelos da barriga da mãe). Exemplo: Ornitorrinco e equidna.	Mamíferos didelfos (as fêmeas possuem duas vaginas e dois úteros), são vivíparos, apresentam placenta reduzida (pouco desenvolvida), portadores de marsúpio (bolsa de pele no abdome, onde os filhotes completam o desenvolvimento). Exemplo: Canguru, coala, gambá.	Mamíferos típicos, monodelfos (as fêmeas possuem uma vagina e um útero), são vivíparos e apresentam placenta bem desenvolvida. Constituem a maioria das espécies. Exemplo: Homem, boi, cabra, baleia, morcegos, etc.

Principais grupos de mamíferos

Classe	Subclasses	Grupos	Ordens	Exemplos
Mammalia	Prototheria		Monotremata ou Adelfia	Ornitorrinco e equidna
	Metatheria		Marsupialia ou Didelfia	Canguru, coala, gambá
	Eutheria	Pisciformes (formato de peixe)	Cetacea	Baleia, golfinho, cachalote
		Ungulados (providos de cascos)	Sirenea	Peixe-boi da Amazônia
			Artiodactila	Boi, cabra, porco, camelo, hipopótamo
			Perissodactila	Cavalo, rinoceronte, zebra
		Unguiculados (portadores de garras)	Chiroptera	Morcegos
			Edentata ou Xenartra	Tatu, preguiça, tamanduá
			Rodentia	Rato, cutia, capivara
			Lagomorfa	Coelhos, lebres
			Carnivora	Gato, cão, tigre, onça, leão, hiena
			Primata	Macacos diversos (grandes e pequenos), homem

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (Fatec-SP) Assinale a afirmação **INCORRETA**.

A) As aves são animais homeotermos, como os mamíferos.

B) As aves são os únicos animais providos de penas.

C) As aves apresentam circulação dupla e coração com quatro cavidades.

D) As aves não possuem bexiga urinária e a excreção é rica em ácido úrico (uricotélicos).

E) As aves são amniotas e algumas ordens apresentam pulmões do tipo alveolar, como os dos mamíferos.

02. (PUC Minas) Muitas aves se utilizam de alimentos duros como os grãos. Como não possuem dentes, a trituração desses grãos ocorre na região do tubo digestório denominada

A) moela.

B) papo.

C) esôfago.

D) estômago.

E) cloaca.

03. (FUC-MT) Os mamíferos são os únicos animais que apresentam

A) glândulas mamárias e pelos, mas não hemácias anucleadas e diafragma.

B) glândulas mamárias, pelos, hemácias anucleadas e diafragma.

C) glândulas mamárias, pelos e hemácias anucleadas, mas não diafragma.

D) glândulas mamárias e diafragma, mas não pelos e hemácias anucleadas.

E) glândulas mamárias, mas não pelos, hemácias anucleadas e diafragma.

04. (PUC Minas) Prototheria, Metatheria e Eutheria constituem grupos de mamíferos que se distinguem, basicamente,

A) pelo tipo de aparelho respiratório.

B) por oviparidade, marsúpio e placenta, respectivamente.

C) pelo tipo de dentição.

D) pela localização geográfica que ocupam.

E) pela ausência ou presença de pelos.

05. (UFPE) Os mamíferos atuais podem ser agrupados em prototérios (monotremados), metatérios (marsupiais) e eutérios (placentários). Assinale a alternativa que indica apenas mamíferos eutérios, considerando que, nesses animais, o período de gestação é mais longo que o observado nos metatérios, o desenvolvimento embrionário ocorre no interior do útero materno e, em consequência, os filhotes nascem completamente formados.

A alternativa que apresenta essa característica é:

A) Gambá, leão-marinho e capivara.
B) Coelho, canguru e peixe-boi.
C) Morcego, gambá e canguru.
D) Rato, morcego e baleia.
E) Gambá, peixe-boi e baleia.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG)

A figura representa uma reconstituição de material fóssil, um réptil com penas. Do grupo de répteis a que pertence esse representante, surgiram os vertebrados de sangue quente e ossos pneumáticos que possuem, entre outras, as características indicadas, **EXCETO**

A) coração com quatro cavidades.
B) respiração branquial.
C) circulação dupla e completa.
D) fecundação interna.
E) cloaca.

02. (FUVEST-SP) No Egito, muitos artefatos de pedra, vendidos como provenientes dos tempos dos faraós, são falsificados. O processo de falsificação consiste em esculpir pequenas pedras e misturá-las com a comida oferecida às galinhas. As pedras atravessam todo o tubo digestório da galinha, tendo depois aspecto de objetos antigos e desgastados pelo uso. Esse processo de "envelhecimento mecânico" deve-se à ação

A) do bico.
B) do papo.
C) do estômago químico.
D) da moela.
E) do intestino.

03. (UFJF-MG) Todas as alternativas caracterizam uma ave, com **EXCEÇÃO** de

A) cobertura de penas capaz de isolar o corpo.
B) tegumento bastante flexível com várias glândulas para lubrificar as penas, tornando-as impermeáveis.
C) respiração pulmonar e circulação dupla e completa.
D) fecundação sempre interna e incubação externa.
E) ausência de bexiga urinária.

04. (FESP-PR) Todas as afirmativas estão corretas, **EXCETO**

A) As aves apresentam o corpo coberto de penas e, em sua maioria, apresentam o esterno em forma de quilha.
B) Nas excreções das aves, juntamente com as fezes, encontramos urina semipastosa, rica em ácido úrico e uratos.
C) As aves apresentam olhos bem desenvolvidos, com duas pálpebras e membrana nictitante.
D) As aves apresentam sexos separados, dimorfismo sexual, fecundação interna e são ovíparas com desenvolvimento direto.
E) As aves, embora apresentem membros anteriores transformados em asas, são consideradas os primeiros tetrápodes amniotas e alantoidianos na escala zoológica.

05. (UEL-PR) Considere os seguintes itens:

I. Presença de quilha no esterno.
II. Presença de glândula uropigiana.
III. Músculos peitorais potentes.
IV. Esqueleto com ossos sólidos e pesados.

Constituem requisitos para as aves voadoras apenas

A) I e II.
B) I e III.
C) I e IV.
D) II e III.
E) II e IV.

06. (FCMMG)

CORPO A CORPO

Hospital incentiva homens a darem colo a bebês prematuros.

Apesar de ser uma tarefa desenvolvida, na maioria dos casos, pela mãe, um hospital de São Paulo tem estimulado a participação do pai na recuperação de prematuros através de uma técnica conhecida como Método Canguru, que consiste em colocar a criança em contato direto com a pele dos pais, na posição vertical, envolvida por um tecido que as mantém aquecidas e firmes.

O Método Canguru não substitui a incubadora e a necessidade de terapia para bebês nascidos com baixo peso, mas os especialistas concordam que a técnica humaniza o atendimento e acalma o *stress* da criança e da família. Os bebês em condições de ter o contato pele a pele com os pais ganham peso mais rápido, cerca de 20 a 30 gramas por dia [...].

ISTOÉ, n. 1 688, 06 fev. 2002. p. 48.

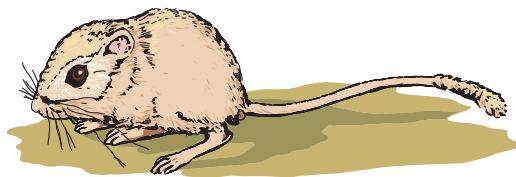
O nome "canguru" dado ao método se justifica pelo fato de esses animais serem

A) ovíparos.
B) mamíferos.
C) marsupiais.
D) homotérmicos.

07. (UFMG) Todas as afirmativas sobre os mamíferos citados estão corretas, **EXCETO**

A) Os cangurus e gambás têm em comum o fato de seu desenvolvimento fetal terminar fora do útero, no marsúpio.
B) Os mamíferos marinhos, como as baleias e os golfinhos, e os de água doce, como o boto, têm respiração branquial.
C) Os mamíferos monotremos se reproduzem através de ovos.
D) Os micos e outros macacos são exemplos de primatas que ocorrem no Brasil.
E) Os morcegos são, em sua maioria, insetívoros ou frugívoros, sendo úteis na polinização de certas plantas.

08. (FUVEST-SP) As estruturas a seguir enumeradas ocorrem em certos vertebrados:

I. Diafragma
II. Pelos
III. Coração com quatro cavidades
IV. Glândulas mamárias

Qual das alternativas representa o conjunto de números que corresponde às estruturas que ocorrem exclusivamente em mamíferos?

A) I, II, III
B) I, II, IV
C) I, III, IV
D) II, III, IV
E) I, II, III, IV

09. (UFJF-MG) Os itens relacionam-se com o estômago de um ruminante. Verifique qual das ordenações corresponde à sequência **CORRETA** do processo digestivo.

1. Pança ou rúmen
2. Intestino
3. *Abomasum* ou coagulador
4. Esôfago
5. Boca
6. Folhoso ou psaltério *(omasum)*
7. Retículo ou barrete

A) 5 – 4 – 1 – 7 – 5 – 4 – 6 – 3 – 2
B) 5 – 4 – 3 – 2 – 1 – 6 – 7 – 4 – 2
C) 5 – 4 – 7 – 1 – 5 – 1 – 3 – 6 – 2
D) 5 – 4 – 1 – 7 – 1 – 5 – 6 – 2 – 3
E) 5 – 4 – 1 – 6 – 7 – 1 – 5 – 3 – 2

10. (UFMG) Observe a figura:

O animal representado vive em regiões áridas e possui urina muito hipertônica em relação ao sangue.

Todas as alternativas apresentam adaptações desse animal ao meio ambiente, **EXCETO**

A) Ausência de transpiração, mesmo em altas temperaturas.
B) Eliminação de amônia como produto nitrogenado.
C) Eliminação de fezes praticamente desidratadas.
D) Eliminação de pouca água na urina.
E) Hábitos noturnos e ocupação de buracos na terra durante o dia.

11. (FCMMG)

Mamíferos mergulhadores

A maioria dos mamíferos tem aproximadamente os mesmos requisitos de oxigênio que o homem. Estruturalmente, seus órgãos respiratórios são muito semelhantes; apesar disto, mamíferos marinhos podem mergulhar a grandes profundidades e permanecer submersos por longos períodos de tempo. A baleia, por exemplo, já foi encontrada em profundidades superiores a 1 000 metros e é capaz de permanecer submersa por 75 minutos. Uma foca Weddel, animal muito menor, pode mergulhar 600 metros e permanecer submersa por 70 minutos, e ainda nadar, submersa, entre 2 000 e 4 400 metros.

CURTIS, Helena. *Biologia,* 2. ed.

Assinale a opção que **NÃO** constitui uma adaptação dos mamíferos mergulhadores às condições de vida expostas no texto anterior.

A) Volume sanguíneo maior, equivalendo ao dobro da proporcionalidade do volume humano. Vasos sanguíneos mais largos, servindo como reservatório de sangue.
B) Glóbulos vermelhos em maior quantidade e mioglobina mais concentrada, o que pode ser constatado pela coloração escura dos músculos.
C) Diminuição do ritmo cardíaco com redução de fornecimento de sangue a determinadas partes do corpo menos vulneráveis à falta de oxigênio.
D) Pele altamente permeável e ricamente vascularizada para facilitar a absorção de oxigênio dissolvido na água e abundante a grandes profundidades.

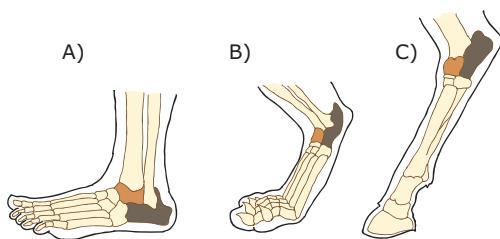
12. (UFMG) Durante uma conversa entre dois estudantes, um afirmou que certos animais não possuem umbigo. Exemplificando, o estudante poderia ter citado

A) a baleia.
B) a foca.
C) o gambá.
D) o morcego.
E) o peixe-boi.

13. (UFRGS) Leia o texto a seguir:

Pouca gente se dá conta de que o litoral sul do Brasil, em especial Santa Catarina, é uma das áreas mais importantes em todo o planeta para a reprodução das baleias. É aqui que a Baleia Franca, um gigante pacífico e ameaçado de extinção, vem ter seus filhotes e amamentá-los, de maio a outubro (com maior número de avistagens de baleias com filhotes em agosto / setembro).

FOLHETO do Projeto Baleia Franca.
WC/Brasil, WDCS. Florianópolis, SC.

Considere os itens a seguir, que apresentam possíveis características do grupo a que pertencem os animais anteriormente citados.

I. Respiração pulmonar.
II. Pecilotermia.
III. Fecundação interna.
IV. Ausência de diafragma.

Quais estão **CORRETOS**?

A) Apenas I e II
B) Apenas I e III
C) Apenas II e III
D) Apenas III e IV
E) Apenas I, II e III

SEÇÃO ENEM

01. Os mamíferos terrestres possuem três modalidades principais de apoio sobre o solo, conforme mostram as ilustrações a seguir.

(a) mamíferos plantígrados (apoiam-se sobre as plantas dos pés); (b) mamíferos digitígrados (apoiam-se sobre os dedos); (c) mamíferos ungulados (apoiam-se sobre os cascos).

Com base nas informações fornecidas, é correto dizer que o homem, o cavalo e o gato são, respectivamente, exemplos de mamíferos

A) plantígrado, digitígrado e ungulado.
B) plantígrado, ungulado e digitígrado.
C) digitígrado, ungulado e plantígrado.
D) digitígrado, plantígrado e ungulado.
E) ungulado, plantígrado e digitígrado.

02. A estrofe a seguir pertence ao poema Canção do Exílio de Gonçalves Dias.

Minha terra tem palmeiras.
Onde canta o Sabiá;
As aves, que aqui gorjeiam.
Não gorjeiam como lá.

O canto do sabiá

A) é realizado apenas quando a espécie habita ecossistemas onde existem palmeiras nativas.
B) é um som muito apreciado e agradável apenas aos ouvidos dos poetas.
C) é produzido por cordas vocais localizadas na porção inferior do bico do animal.
D) assim como nas demais aves, é emitido somente pelos machos e apenas durante o acasalamento.
E) possui grande importância na comunicação dessas aves, sendo uma característica particular de cada espécie.

GABARITO

Fixação

01. E 02. A 03. B 04. B 05. D

Propostos

01. B
02. D
03. B
04. E
05. B
06. C
07. B
08. B
09. A
10. B
11. D
12. C
13. B

Seção Enem

01. B 02. E

BIOLOGIA

Relações ecológicas

MÓDULO 18 FRENTE C

A Ecologia (do grego *oikos*, " casa", e *logos*, "estudo") é a parte da Biologia que estuda as relações de interdependência dos seres vivos, bem como suas relações com o meio ambiente.

Nenhuma espécie de ser vivo é totalmente independente, uma vez que direta ou indiretamente depende de outras para sobreviver. Animais e vegetais, por exemplo, mantêm diversas relações de dependência entre si. Os animais de uma região (a fauna) dependem da flora típica ali existente, nela encontrando, por exemplo, abrigo, refúgio e alimentos. Por outro lado, os vegetais da região (a flora) também dependem da fauna. A polinização e a dispersão de sementes, etapas importantes da reprodução de muitos vegetais, são realizadas por insetos, pássaros e outros animais. Também a ação predatória e parasitária de muitos animais (lagartas, mamíferos pastadores, etc.) atua como fator limitante ao desenvolvimento de diversas plantas.

Animais e plantas, por sua vez, também dependem das condições físicas (temperatura, pressão atmosférica, luminosidade, etc.) e químicas (pH do solo, da água, concentração de certas substâncias, etc.) do meio ambiente e podem, através de determinadas atividades, interferir nessas condições ambientais. Exemplo disso são as constantes alterações que o homem moderno vem impondo ao ambiente em que vive.

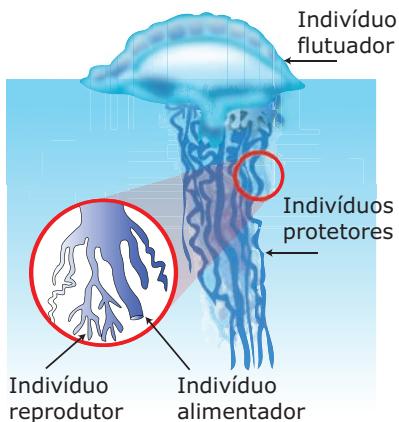
RELAÇÕES ENTRE OS SERES VIVOS

As relações ecológicas entre os seres vivos são classificadas em:

- **Intraespecíficas** – Estabelecidas entre seres de uma mesma espécie.
- **Interespecíficas** – Estabelecidas entre seres de espécies diferentes.

Esses dois tipos de relações podem ser harmônicas ou desarmônicas.

- **Harmônicas (positivas)** – São aquelas em que não há nenhum tipo de prejuízo para os organismos.
- **Desarmônicas (negativas)** – Pelo menos um dos organismos associados é prejudicado.

A tabela a seguir mostra as principais relações que os seres vivos podem estabelecer entre si.

Relações Intraespecíficas	Harmônica	Colônia Sociedade
	Desarmônica	Canibalismo Competição
Relações Interespecíficas	Harmônica	Mutualismo Protocooperação Comensalismo Inquilinismo
	Desarmônica	Predatismo Parasitismo Competição Amensalismo Esclavagismo

Colônias

São associações entre indivíduos de uma mesma espécie, que vivem juntos, ligados anatomicamente uns aos outros, formando uma unidade estrutural em que poderá ou não haver divisão de trabalho. Podem ser isomorfas ou heteromorfas.

A) **Colônias isomorfas (homomorfas, homotípicas)** – Aquelas nas quais os indivíduos têm a mesma morfologia e realizam as mesmas funções. Não há, portanto, divisão de trabalho. É o tipo mais comum de colônia encontrado na natureza. Como exemplos, podemos citar os estafilococos e estreptococos (colônias de bactérias do grupo dos cocos); os corais (colônias de celenterados); colônias de cracas (crustáceos).

B) **Colônias heteromorfas (heterotípicas)** – Aquelas nas quais os indivíduos têm morfologia diferente e realizam funções diferentes. Nesse tipo de colônia, temos, portanto, uma divisão de trabalho, uma vez que cada indivíduo está adaptado para realizar uma determinada função. É o tipo menos frequente de colônia. Exemplo típico desse tipo de colônia são as caravelas (celenterados).

Caravela (Physalia physalis)

Sociedades

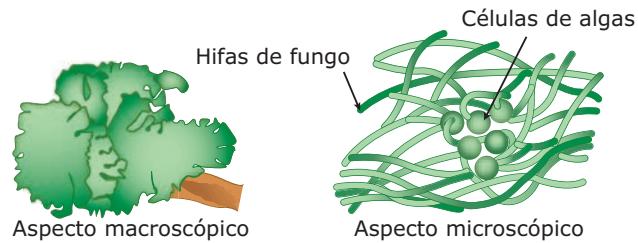
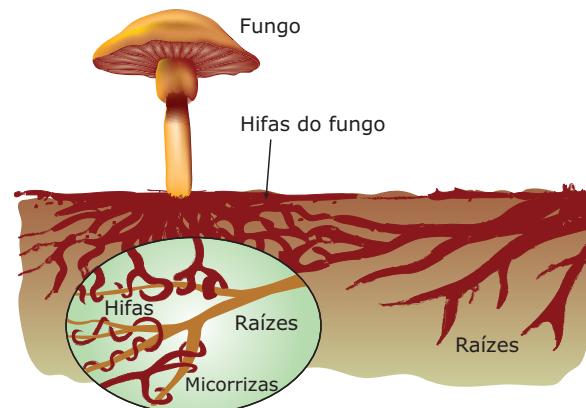
Associações entre indivíduos de uma mesma espécie, que vivem juntos, organizados de modo cooperativo através de uma divisão de trabalho, não ligados anatomicamente uns aos outros. Exemplos: colmeia (sociedade das abelhas), formigueiro (sociedade das formigas), termiteiro ou cupinzeiro (sociedade dos térmitas ou cupins), vespeiro (sociedade das vespas), etc.

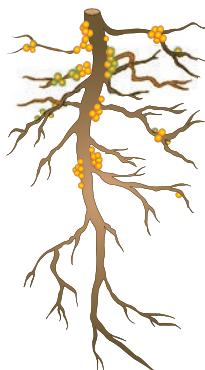
Em muitas sociedades, os indivíduos componentes estão diferenciados em castas (classes sociais). Na sociedade das abelhas, por exemplo, existem três castas: rainha, operárias e zangões.

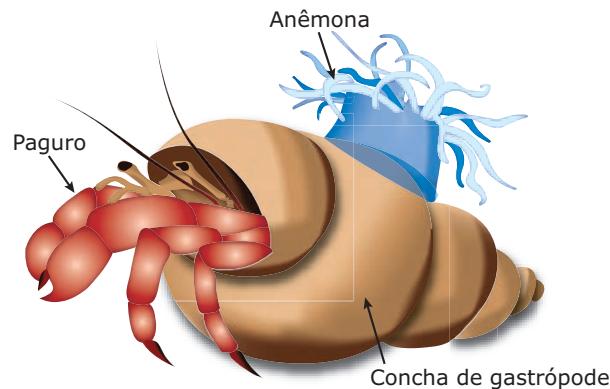
Canibalismo

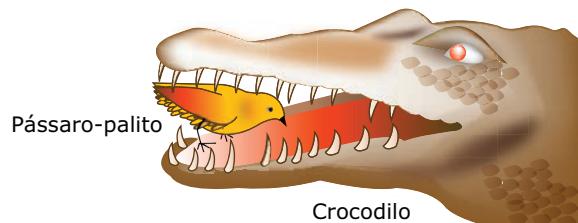
Relação na qual um indivíduo mata outro da mesma espécie para dele se alimentar. Exemplos: entre peixes, é comum os adultos atacarem e comerem os próprios filhotes; em certas espécies de aranhas e insetos (louva-a-deus, por exemplo), é comum a fêmea matar e devorar o macho, após a cópula.

O canibalismo pode também ocorrer eventualmente em espécies que normalmente não o praticam, sendo, nesse caso, desencadeado por diversos fatores, como o aumento da densidade populacional (superpopulação) ou pela falta de alimento. Isso acontece, por exemplo, em populações de camundongos confinadas em um espaço físico limitado e com escassez de alimento.

Competição intraespecífica

Consiste numa disputa entre indivíduos de uma mesma espécie pelos mesmos fatores (alimento, espaço, etc.). Exemplo: em muitas espécies de animais, por ocasião da reprodução, os machos disputam as fêmeas. Os perdedores afastam-se e o vencedor forma um verdadeiro "harém", encarregando-se da perpetuação da espécie junto às suas fêmeas. Uma vez que não são todos os machos que conseguem formar casais e se reproduzir, a competição intraespecífica, nesse caso, exerce um importante papel no controle da densidade populacional. Por outro lado, os indivíduos com características mais vantajosas têm maiores possibilidades de sobrevivência, pelo fato de terem maiores chances de vencer todos os tipos de disputa. Assim, são os que provavelmente conseguem se reproduzir, gerando descendentes que podem herdar suas características genéticas favoráveis à sobrevivência. Por essa razão, a competição intraespecífica também exerce papel importante no mecanismo da seleção natural, uma vez que elimina, dentro da espécie, aqueles indivíduos com características menos vantajosas.

Mutualismo

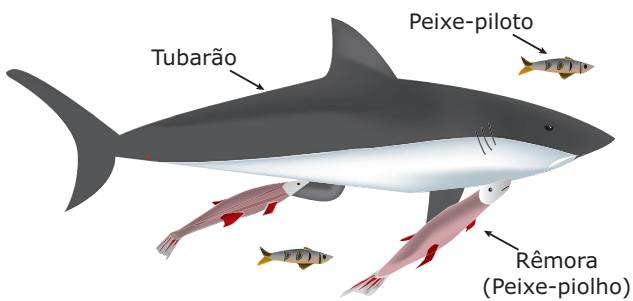
Associação entre indivíduos de espécies distintas que se beneficiam mutuamente. Os associados criam um grau de dependência recíproca tão acentuado que a coexistência deles passa a ser obrigatória, isto é, os indivíduos não conseguem mais sobreviver isolados uns dos outros. Entre os muitos exemplos de mutualismo, destacamos os liquens, as micorrizas, as bacteriorrizas, a associação entre os ruminantes e micro-organismos produtores da celulase e a associação entre os cupins e protozoários produtores da celulase.

Os liquens são associações entre algas unicelulares ou cianobactérias com fungos. As algas sintetizam matéria orgânica através da fotossíntese e fornecem aos fungos parte do alimento produzido. Os fungos, por sua vez, retiram água e sais minerais do substrato, fornecendo-os às algas. Além disso, os fungos envolvem com suas hifas o grupo de algas, protegendo-as contra a desidratação.

Liquens *– O líquen é uma associação que pode se instalar em lugares onde a alga e o fungo, isoladamente, não sobreviveriam. Pode ser encontrado em troncos de árvores, muros, sobre telhados, na superfície de rochas, na neve, etc. Apesar disso, os liquens são bastante suscetíveis ou sensíveis à poluição atmosférica, em especial à causada pela presença de dióxido de enxofre (SO_2). Por esse motivo, são raros nas grandes cidades e em ambientes muito industrializados. Assim, a presença de muitos liquens num determinado ambiente sugere baixo índice de poluição atmosférica, enquanto o desaparecimento deles pode indicar agravamento desse tipo de poluição.*

__Micorrizas__ – Associações mutualísticas estabelecidas entre fungos e raízes de certas plantas, por exemplo, orquídeas, morangueiros, tomateiros e pinheiros. Os fungos degradam substâncias orgânicas do solo, transformando-as em nutrientes minerais (sais de fósforo, potássio, etc.) que são absorvidos pelas raízes das plantas. As plantas, por sua vez, fornecem aos fungos parte da matéria orgânica produzida através da fotossíntese.

__Bacteriorriza__ – Nome que se dá à associação de bactérias do gênero Rhizobium *com células das raízes de plantas leguminosas (soja, feijão, ervilha, etc.). Nessas raízes, aparecem nódulos (nodosidades, "inchaços"), em que são encontradas bactérias do gênero* Rhizobium. *Essas bactérias são fixadoras do N_2 atmosférico e, assim, enriquecem o solo com nitratos que serão absorvidos pelas leguminosas e utilizados como matéria-prima na construção de compostos orgânicos nitrogenados (aminoácidos, por exemplo). As leguminosas, por sua vez, fornecem a essas bactérias heterotróficas parte das substâncias orgânicas que sintetizam, isto é, fornecem alimento às bactérias.*

Protocooperação (cooperação)

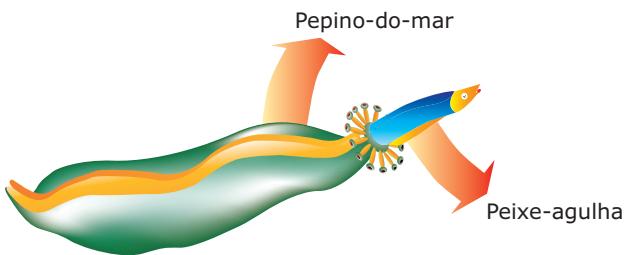
Associação entre duas espécies que também se beneficiam mutuamente sem, entretanto, estabelecer um grau de dependência obrigatório, como acontece no mutualismo. Na protocooperação, portanto, a coexistência das espécies não é obrigatória. Por isso, alguns autores também chamam a protocooperação de mutualismo não obrigatório, mutualismo facultativo ou mutualismo sem dependência obrigatória. As relações paguro x actínia, anu x gado e pássaro-palito x crocodilo são alguns exemplos de protocooperação.

O caranguejo paguro ("bernardo-eremita"), crustáceo muito comum em nossas praias, caracteriza-se por ter um abdome mole e não possuir carapaça protetora. Assim, para obter maior proteção contra seus predadores, aloja-se no interior de conchas vazias abandonadas pelos moluscos. Já as actínias ("anêmonas-do-mar") são celenterados que produzem substâncias urticantes e necessitam de um substrato para sua fixação. O paguro, com frequência, coloca, sobre a concha onde se alojou, uma ou mais actínias, estabelecendo com elas uma relação de protocooperação. O paguro se beneficia da proteção que a actínia lhe dá, pois afasta ou impede a aproximação dos predadores naturais por causa das substâncias urticantes que produz. A actínia, por sua vez, se beneficia da locomoção, uma vez que passa a ser transportada pelo paguro e, assim, amplia o seu território de obtenção de alimento.

O anu é um pássaro que pousa sobre o dorso do gado para catar e comer carrapatos. Dessa maneira, o gado se beneficia por livrar-se dos carrapatos parasitas e o anu, por sua vez, encontra no gado uma fonte de alimento.

O pássaro-palito frequentemente entra na boca do crocodilo africano para retirar e comer "sanguessugas" que normalmente são encontradas aderidas à mucosa bucal do réptil. Com isso, o crocodilo é beneficiado por livrar-se dos parasitas, enquanto o pássaro-palito tem uma opção alimentar.

Comensalismo

Associação entre indivíduos de espécies diferentes, na qual apenas uma das espécies é beneficiada, sem, entretanto, haver prejuízos para a outra. É, portanto, uma relação harmônica unilateral. A espécie beneficiada é chamada de comensal e o benefício que recebe da outra pode ser alimento, abrigo, transporte, etc.

Assim, temos: comensalismo de alimentação, comensalismo de abrigo (inquilinismo), comensalismo de transporte (foresia), etc. Vejamos alguns exemplos:

A rêmora (peixe-piolho) possui uma ventosa (órgão de fixação) no alto de sua cabeça. Com sua ventosa, a rêmora fixa-se na região ventral de um tubarão, passando a ser transportada por ele. Quando o tubarão ataca algum animal, os restos da presa que flutuam na água são imediatamente ingeridos pela rêmora. Nesse relacionamento, envolvendo a rêmora e o tubarão, temos um comensalismo de transporte (foresia) e um comensalismo de alimentação.

O comensalismo de alimentação é encontrado também na relação entre os peixes-pilotos e o tubarão. Os peixes-pilotos acompanham o tubarão, nadando ao seu redor, para se alimentarem dos restos de comida que escapam da boca dele. O nome "peixe-piloto" vem de uma crença segundo a qual esses peixes orientam o tubarão em sua navegação pelos mares.

Inquilinismo (epibiose)

Relação na qual uma espécie procura abrigo ou suporte no corpo de indivíduos de uma outra espécie, sem prejudicá-la. Trata-se, portanto, de um caso particular de comensalismo. Dessa relação, participam o inquilino e o hospedeiro. O inquilino (espécie beneficiada) obtém abrigo, proteção ou, ainda, suporte no corpo da espécie hospedeira. Exemplos: peixe-agulha x holotúria, orquídeas x árvores e bromélias x árvores.

O peixe-agulha (do gênero Fierasfer*), que possui um corpo fino e alongado, quando perseguido pelos inimigos naturais, procura abrigo e proteção no corpo de uma holotúria (equinodermo conhecido popularmente por "pepino-do-mar"). O peixe-agulha penetra através do ânus da holotúria, abrigando-se no tubo digestório desse equinodermo, sem causar-lhe prejuízos.*

As orquídeas e as bromélias, ao contrário do que muitas pessoas pensam, não são plantas parasitas, uma vez que não causam prejuízos às plantas hospedeiras sobre as quais crescem. Essas plantas usam o tronco da hospedeira apenas como suporte para chegarem ao alto das árvores, onde encontram condições ideais de luminosidade para a realização da fotossíntese e, consequentemente, para um melhor desenvolvimento. Esse inquilinismo envolvendo espécies vegetais também é chamado de epifitismo e, nesse caso, a planta inquilina é dita epífita. As epífitas são plantas que apenas procuram abrigo, proteção e luz ideal ao crescerem sobre outras plantas, mas sem prejudicá-las. As plantas parasitas, como veremos mais adiante, prejudicam a hospedeira. Orquídeas e bromélias, portanto, são exemplos de epífitas.

Predatismo (predação)

Relação em que indivíduos de uma espécie matam outros de espécies diferentes para usá-los como alimento. Os indivíduos beneficiados diretamente são os predadores, enquanto os indivíduos que são mortos e que servem de alimento são as presas. Predador e presa nunca são da mesma espécie.

O predatismo exerce um papel regulador, contribuindo para manter a população de presas e predadores de uma região em estado de equilíbrio. Em geral, a elevação do número de presas numa região propicia também um aumento do número de predadores, devido a uma maior disponibilidade de alimento no ambiente. Em consequência do aumento do número de predadores, o número de presas diminui, o que acarreta, também, uma redução na população dos predadores. Por sua vez, a redução da população de predadores permite a recuperação da população de presas, que se eleva, e assim sucessivamente. Dessa maneira, as duas populações não se extinguem e nem entram em superpopulação, permanecendo em equilíbrio no ambiente.

A eliminação sistemática de muitos predadores, promovida pelo homem, tem causado sérios prejuízos ao equilíbrio natural existente entre as populações de predadores e presas de diversas regiões. Um bom exemplo disso ocorreu no Pantanal Mato-grossense, onde existiam muitos jacarés, que controlavam a população de suas presas (piranhas, por exemplo). A matança indiscriminada de jacarés nessa região, movida por interesses econômicos na exploração do couro, diminuiu consideravelmente a população desses animais. Uma das consequências foi o aumento da população de piranhas em muitos rios do Pantanal.

O predador pode também atacar e devorar plantas, como é o caso do gafanhoto, que, em bandos, devora rapidamente toda uma plantação. Quando a espécie predada (presa) é vegetal, costuma-se dar ao predatismo o nome de herbivorismo. No herbivorismo, portanto, animais (herbívoros) devoram plantas inteiras ou partes delas. O gado, ao se alimentar de capim, constitui um bom exemplo de herbivorismo.

Os predadores, em sua maioria, são animais. No entanto, existem na natureza alguns predadores vegetais, como é o caso das plantas insetívoras.

Os predadores apresentam uma série de adaptações que permitem executar mais eficazmente as suas atividades. Assim, os dentes afiados dos tubarões, os caninos desenvolvidos dos animais carnívoros, as garras da águia, o veneno das cobras, as teias de aranha e a caça em grupo são exemplos de adaptações apresentadas pelos predadores para facilitar a captura das presas.

Por outro lado, existem muitas adaptações que permitem às presas escaparem ao ataque de seus predadores. Algumas espécies são capazes de exibir cores vivas e marcantes (coloração de advertência ou aposematismo), para afastar seus possíveis predadores, já que os mesmos as reconhecem pelo gosto desagradável ou pelos venenos que possuem. A produção de substâncias de odor ou sabor desagradável, o hábito de somente andar em bandos, a grande capacidade de correr e saltar são exemplos de processos utilizados por presas para tentar escapar de seus predadores.

A camuflagem e o mimetismo são duas outras adaptações importantes, tanto para predadores quanto para presas.

Na camuflagem, o organismo procura se confundir com o meio físico do ambiente de modo a se tornar menos visível. É um tipo de adaptação na qual o organismo revela a mesma cor do meio em que vive ou possui forma que se confunde com coisas do ambiente. Ao ficar parecido com este, determinado animal pode se "esconder" de seu predador; ou, ainda, um predador pode se "esconder" de sua presa, o que lhe possibilita capturá-la mais facilmente. Muitos animais (insetos, répteis, anfíbios, aves) possuem cor verde e, assim, fazem uma perfeita camuflagem em meio às folhagens onde se escondem. A superfície ventral dos peixes, por exemplo, costuma ser mais clara do que o dorso. Um predador que estiver abaixo do peixe poderá confundi-lo com a superfície iluminada da água; por outro lado, se o peixe for visto de cima, seu dorso poderá ser confundido com o fundo. Muitas espécies de lagartos e artrópodes que vivem na areia têm uma coloração clara, confundindo-se com a cor do ambiente.

No mimetismo, os indivíduos de uma espécie se mostram acentuadamente semelhantes aos indivíduos de uma outra espécie, levando vantagens com essa semelhança. É o que acontece, por exemplo, com a falsa-coral (*Simophis rhinostoma*), cobra não venenosa mas que se torna temida e respeitada por outros animais por ser muito semelhante à coral-verdadeira (*Micrurus frontalis*). Outro bom exemplo de mimetismo é encontrado com as borboletas vice-rei e monarca que, embora de espécies distintas, são extremamente semelhantes. A borboleta monarca tem um sabor repugnante para as aves, enquanto que as vice-rei são comestíveis. Em face da semelhança, muitas aves rejeitam a borboleta vice-rei, que se beneficia do mimetismo.

Parasitismo

Relação em que indivíduos de uma espécie vivem às custas de indivíduos de outra espécie, dos quais retiram alimento, prejudicando-os. O beneficiado é chamado de parasita ou bionte e o prejudicado, hospedeiro ou biosado.

Os hospedeiros em geral são, para os parasitas, fontes de alimento e hábitat. Por isso, o sucesso de um parasita é normalmente maior quanto menos incômodos ou prejuízos causam à espécie hospedeira, uma vez que a morte do hospedeiro representa também a perda do hábitat para o parasita. De um modo geral, a morte do hospedeiro não é conveniente ao parasita, mas, a despeito disso, muitas vezes ela ocorre.

O parasitismo é uma relação que também exerce influência na densidade populacional, uma vez que debilita o organismo dos hospedeiros, tornando-os mais suscetíveis a outras doenças e infecções, diminuindo o tempo de vida e, consequentemente, aumentando a taxa de mortalidade na população da espécie hospedeira.

Quanto ao tamanho, os parasitas podem ser classificados como microparasitas ou macroparasitas.

- **Microparasitas** – Microscópicos. É o caso, por exemplo, dos vírus, das bactérias patogênicas (causadoras de doenças) e de muitos protozoários.
- **Macroparasitas** – Visíveis a olho nu. Exemplos: piolho, carrapato, lombriga e tênia (solitária).

Quanto à localização no hospedeiro, os parasitas se diferenciam em ectoparasitas e endoparasitas.

- **Ectoparasitas** – São encontrados na superfície externa (epiderme, pelos, unhas, etc.) do corpo do hospedeiro. Exemplos: piolho, pulga e carrapato.

- **Endoparasitas** – Vivem internamente no corpo do hospedeiro. Exemplos: lombriga, tênia e *Trypanosoma cruzi* (protozoário causador da doença de Chagas).

Quanto à necessidade de realização do parasitismo para sua sobrevivência, os parasitas podem ser obrigatórios ou facultativos.

- **Obrigatórios** – Têm no parasitismo a única forma de obtenção de alimento. A maioria dos parasitas é desse tipo. Exemplos: lombriga, tênia e vírus.

- **Facultativos** – Podem se adaptar ou encontrar outras formas de obtenção de alimentos, diferente do parasitismo. Parasitas desse tipo são raros. Exemplo: larvas de certas moscas podem viver como parasitas, desenvolvendo-se em feridas existentes no corpo do hospedeiro, mas também podem se desenvolver no esterco, que é um meio rico em matéria orgânica (restos orgânicos).

Quanto ao tempo de permanência junto ao hospedeiro, distinguem-se os parasitas em permanentes, temporários e provisórios.

- **Permanentes** – Mantêm-se com seus hospedeiros por toda a vida. São os mais comuns e dispensam exemplos.

- **Temporários (periódicos)** – Só procuram o hospedeiro quando têm fome. Saciado o apetite, eles abandonam os hospedeiros. Exemplos: pulgas e fêmeas de algumas espécies de mosquitos ("pernilongos").

- **Provisórios (intermitentes)** – Exercem o parasitismo apenas durante certas fases de suas vidas. Exemplo: as moscas berneiras são parasitas apenas na fase larvária, quando causam o berne ou bicheira nos animais. Ao se tornarem adultas, deixam o hospedeiro e passam a se alimentar de matéria orgânica em decomposição encontrada no meio ambiente.

Quanto à capacidade de parasitar uma ou mais espécies de hospedeiros, os parasitas podem ser classificados como eurixenos e estenoxenos.

- **Eurixenos (eurixênicos)** – Parasitam diversas espécies. Exemplo: o protozoário *Trypanosoma cruzi* é capaz de parasitar o homem, o tatu, o cão, o gambá e muitas outras espécies.

- **Estenoxenos (estenoxênicos)** – Apresentam acentuada especificidade de hospedeiro, isto é, parasitam sempre uma única e mesma espécie. Exemplo: o bacilo de Hansen, bactéria causadora da lepra (hanseníase), só parasita o homem. Ele não se adapta, por exemplo, ao organismo do cão. Logo, não existe lepra entre cães e, por conseguinte, a expressão "cão leproso", às vezes usada, vem de um equívoco: a leishmaniose cutânea (que acomete também os cães) é bastante parecida com a lepra (doença grave que causa destruição dos tecidos). O cão supostamente leproso possui, na realidade, a leishmaniose e não a hanseníase.

Quanto ao seu ciclo evolutivo (ciclo de vida), os parasitas se classificam em monoxenos e heteroxenos.

- **Monoxenos (monoxênicos)** – Completam seu ciclo evolutivo em um único hospedeiro. Exemplo: *Ascaris lumbricoides* (lombriga).

- **Heteroxenos (heteroxênicos)** – Completam seu ciclo evolutivo em mais de um hospedeiro. Exemplo: A *Taenia saginata* (solitária), quando na fase de larva, é encontrada parasitando o boi e, quando na fase adulta, parasita o homem. Assim, o seu ciclo evolutivo se passa em dois hospedeiros (o boi e o homem).

Geralmente, os parasitas heteroxenos passam por dois hospedeiros, havendo, entretanto, alguns exemplos em que passam por mais de dois hospedeiros. É o caso do *Diphylobotrium latum*, verme que evolui para larva primeiramente num microcrustáceo (*Cyclops* sp.), depois num peixe (perca) e termina seu desenvolvimento, atingindo a maturidade, no homem.

No caso dos parasitas heteroxenos, os diferentes hospedeiros por que passam são classificados em definitivos e intermediários.

- **Hospedeiro definitivo** – É aquele em que o parasita se encontra na fase adulta ou aquele no qual o parasita se reproduz sexuadamente.

- **Hospedeiro intermediário** – É aquele em que o parasita se encontra na fase de larva ou aquele em que o parasita se reproduz assexuadamente.

Os parasitas podem ser animais ou vegetais. Quando um animal parasita outro animal, o parasita é chamado de zoótico. O *Ascaris lumbricoides* é um exemplo de parasita zoótico.

Quando um animal parasita um vegetal, o parasita é dito zoofítico. É o caso, por exemplo, dos pulgões, insetos que parasitam plantas, roubando-lhes a seiva elaborada.

Às vezes, encontramos um vegetal parasitando outro vegetal. Nesse caso, o vegetal parasita é chamado de fitofítico. Os parasitas fitofíticos podem ser hemiparasitas ou holoparasitas.

- **Hemiparasitas** – São aqueles que roubam a seiva bruta da planta hospedeira. Exemplo: a erva-de-passarinho, uma planta clorofilada, cujas raízes penetram nos troncos das árvores e roubam a seiva bruta. O parasita ainda terá o trabalho de transformar a seiva bruta em seiva elaborada. O hemiparasita, portanto, realiza um parasitismo incompleto.

- **Holoparasitas** – São aqueles que roubam a seiva elaborada da planta hospedeira. Exemplo: o cipó-chumbo, cujas raízes sugadoras, chamadas haustórios, penetram no caule da planta hospedeira até atingir os vasos liberianos, de onde roubam a seiva elaborada.

Competição interespecífica

É uma disputa entre indivíduos de espécies diferentes por algum fator (alimento, espaço, abrigo, etc.). Exemplos: corujas, cobras e gaviões que atacam pequenos roedores. Nesse caso, indivíduos de espécies diferentes competem pela mesma fonte de alimento.

Assim como a competição intraespecífica, a competição interespecífica ajuda a controlar a densidade populacional das espécies e também é um importante fator de seleção natural, levando à manutenção numa região das espécies mais bem adaptadas, portadoras de características mais vantajosas, em detrimento daquelas menos adaptadas. Se a competição for muito acentuada, a espécie menos adaptada pode até ser eliminada.

Amensalismo (antibiose)

Relação em que indivíduos de uma espécie eliminam substâncias no meio que prejudicam (inibem) o crescimento ou a reprodução de outras espécies com as quais convivem. A substância liberada pela espécie inibidora pode ter ou não efeito letal sobre a espécie amensal (espécie prejudicada pela inibição do seu desenvolvimento ou reprodução).

Algumas espécies de fungos produzem e liberam no meio em que vivem substâncias antibióticas que inibem o crescimento ou a reprodução de bactérias.

O fenômeno da "maré vermelha", resultante da superpopulação de algas microscópicas do grupo das pirrófitas ou dinoflagelados, é outro exemplo de amensalismo. Essas algas liberam toxinas que, em altas concentrações no meio, provocam a morte de inúmeras outras espécies marinhas (peixes, crustáceos, moluscos, etc.). Além da clorofila, elas possuem pigmentos vermelhos que lhes conferem cor avermelhada e rutilante (brilhante). Quando há uma superpopulação dessas algas, formam-se enormes manchas avermelhadas no oceano, e a concentração das toxinas por elas liberadas aumenta, provocando grande mortalidade de animais marinhos, além de sérios distúrbios nervosos nos animais contaminados, inclusive no homem, acarretando-lhes a morte.

Certas plantas, como o eucalipto, liberam de suas raízes substâncias que impedem a germinação de sementes de outras plantas ao redor. Isso evita que outras plantas venham a competir com os eucaliptos pela água e por outros recursos do solo.

Esclavagismo (sinfilia)

Relação em que uma espécie se beneficia do trabalho de outra, que é prejudicada. Exemplo: existem pássaros que botam ovos no ninho de outra espécie, às vezes jogando fora os ovos do "dono da casa". A espécie "escrava" passa a chocar os ovos estranhos até a eclosão. Às vezes, também, indivíduos de uma espécie mantêm em cativeiro indivíduos de outra espécie, para obter algum tipo de vantagem. Algumas espécies de formigas, por exemplo, "sequestram" e "aprisionam" no formigueiro larvas de outras espécies, obtendo, assim, um trabalho escravo.

LEITURA COMPLEMENTAR

Relações ecológicas que se confundem

Nem sempre é fácil estabelecer limites entre duas relações ecológicas. Muitas vezes, mais de um tipo de relação ecológica pode estar presente numa mesma associação, envolvendo indivíduos de espécies distintas. Isso acontece, por exemplo, na associação entre certas espécies de formigas e pulgões. Os pulgões, insetos parasitas de plantas, retiram seiva elaborada (rica em carboidrato) diretamente dos vasos liberianos das plantas hospedeiras para usá-la como alimento. Em consequência da ingestão excessiva de açúcar presente na seiva elaborada, os pulgões eliminam o seu excesso pelo ânus. Esse açúcar eliminado é aproveitado pelas formigas que, para obtê-lo, carregam os pulgões para dentro do formigueiro e aí os mantêm em cativeiro. Feito isso, as formigas passam a fornecer aos pulgões parte recém-cortada de plantas (folhas, caule, etc.) para que eles suguem a seiva elaborada e, posteriormente, eliminem produtos açucarados que elas, então, usam como alimento. Muitas vezes, as formigas chegam a acariciar com as suas antenas o abdome dos pulgões com o objetivo de estimular contrações da musculatura abdominal desses insetos, fazendo que eles eliminem mais rapidamente os produtos açucarados. Essa associação entre as formigas e os pulgões tem característica desarmônica, já que os pulgões são mantidos em cativeiro. Sob este ponto de vista, seria, então, um exemplo de esclavagismo. Por outro lado, existe também uma relação relativamente harmônica, pois os pulgões são beneficiados pela facilidade de encontrar alimento e, mesmo, com a proteção oferecida pelas formigas, que chegam, inclusive, a cuidar da sua prole. Nesse sentido, temos uma relação do tipo protocooperação.

Outro caso em que as relações se confundem é a associação entre o pássaro-palito e o crocodilo, que pode ser exemplo de protocooperação, quando se considera que o pássaro retira sanguessugas (parasitas) da boca do réptil, mas também pode ser descrita como exemplo de comensalismo; nesse caso, o pássaro atua retirando apenas restos alimentares que ficam entre os dentes do crocodilo, vindo daí o nome popular da ave: pássaro-palito.

Merece destaque também o significado do termo simbiose, criado em 1879 por Anton de Bary, que muitas vezes aparece caracterizando uma determinada relação ecológica. Simbiose (do grego "viver junto") designa qualquer associação permanente entre indivíduos de espécies diferentes que, normalmente, exerce influência recíproca no metabolismo. É a vida em conjunto de duas ou mais espécies em uma relação ecológica prolongada e íntima. Assim, o parasitismo, o comensalismo e o mutualismo podem ser considerados diferentes tipos de simbiose.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC Minas) É uma relação harmônica intraespecífica

A) o mutualismo.

B) o comensalismo.

C) a protocooperação.

D) a colônia.

E) o predatismo.

02. (UFMG) Para proteger os ovos das galinhas, o homem mata o gambá. A relação ecológica que se estabelece entre o homem e o gambá, nesse comportamento, denomina-se

A) competição.

B) mutualismo.

C) parasitismo.

D) predação.

E) protocooperação.

03. (PUC Minas) Sob determinadas condições ambientais, certas algas proliferam muito e produzem substâncias tóxicas avermelhadas que provocam mortandade nos animais aquáticos. Isso pode ser citado como exemplo de

A) amensalismo.

B) comensalismo.

C) parasitismo.

D) predatismo.

E) protocooperação.

04. (UFRGS) O lobo-guará, uma espécie ameaçada de extinção, ocorre nas baixadas próximas às matas arbustivas no Rio Grande do Sul. Esse cão selvagem vive à beira de charcos, caçando pequenos roedores, aves e alguns invertebrados. Frequentemente, abriga vermes em seus rins, que podem chegar a destruir tais órgãos, ocasionando a morte do animal.

O trecho anterior trata de dois tipos de relações entre o lobo-guará e outros membros da comunidade. Essas relações são ________ e _______ e podem ser classificadas, respectivamente, como __________ e __________.

Assinale a alternativa que contém, na sequência **CORRETA**, as expressões que completam as lacunas da frase anterior.

A) interespecíficas e harmônicas; predatismo e parasitismo.

B) intraespecíficas e desarmônicas; comensalismo e parasitismo.

C) interespecíficas e desarmônicas; predatismo e inquilinismo.

D) intraespecíficas e harmônicas; comensalismo e inquilinismo.

E) interespecíficas e desarmônicas; predatismo e parasitismo.

05. (PUC-SP) Relacione os tipos de associação entre os seguintes seres:

1. Epifitismo
2. Predatismo
3. Mutualismo
4. Parasitismo

( ) *Rhizobium* x leguminosas

( ) Gambá x galinha

( ) Pulgões x vegetais

( ) Orquídeas x seringueiras

A sequência **CORRETA**, de cima para baixo, é

A) 3 – 2 – 1 – 4.

B) 1 – 3 – 2 – 4.

C) 3 – 2 – 4 – 1.

D) 3 – 1 – 2 – 4.

E) 1 – 2 – 3 – 4.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFJF-MG) Os liquens são formados pela associação de algas e fungos.

Essa associação é

A) o mutualismo.

B) o predatismo.

C) a sociedade.

D) o comensalismo.

E) a colônia.

02. (UFMG) As orquídeas, que vivem sobre outros vegetais,

A) vivem em mutualismo com esses vegetais.

B) recebem seiva bruta e fornecem seiva elaborada a esses vegetais.

C) sugam a seiva bruta desses vegetais.

D) sugam a seiva elaborada.

E) usam esses vegetais apenas como suporte.

03. (UFMG–2010) O fungo *Penicillium*, por causar apodrecimento de laranjas, acarreta prejuízos pós-colheita. Nesse caso, o controle biológico pode ser feito utilizando-se a levedura *Saccharomycopsis*, que mata esse fungo, após perfurar sua parede e absorver seus nutrientes.

É **CORRETO** afirmar que esse tipo de interação é conhecido como

A) comensalismo.

B) mutualismo.

C) parasitismo.

D) predatismo.

04. (Cesgranrio) A figura a seguir mostra uma maneira peculiar de pequenos peixes, chamados rêmoras, se deslocarem de um lugar para outro, fixados por uma ventosa cefálica na região ventral de um tubarão.

Em ecologia, essa associação é denominada

A) parasitismo.

B) competição.

C) comensalismo.

D) mutualismo.

E) predatismo.

05. (FUVEST-SP) Várias espécies de eucaliptos produzem certas substâncias que, dissolvidas pelas águas da chuva e transportadas dessa maneira ao solo, dificultam o crescimento de outros vegetais. Por essa razão, muitas florestas de eucaliptos no Brasil não possuem plantas herbáceas ou gramíneas à sua sombra. O fato descrito ilustra um exemplo de

A) competição intraespecífica.

B) mutualismo.

C) comensalismo.

D) predatismo.

E) amensalismo.

06. (FUVEST-SP) A Biotecnologia Vegetal ainda está engatinhando, se considerarmos as promessas para o ano 2000. Veja bem o que já é feito: através de processos biotecnológicos, inserem-se em determinadas plantas um micro-organismo benéfico, o rizóbio, que ajuda a nitrogenização das próprias plantas, ou seja, diminui a necessidade de adubos nitrogenados.

JORNAL DA TARDE*,* 27 ago. 1987.

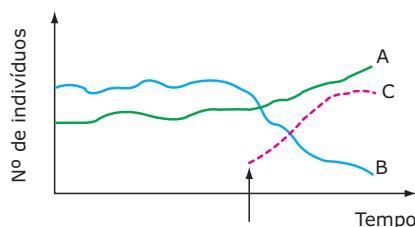
O texto aponta uma das muitas possibilidades de emprego da Biotecnologia. Em condições naturais, bactérias do gênero *Rhizobium* já vivem há milênios em estreita relação ecológica com plantas leguminosas. Essa relação é do tipo

A) competição.

B) inquilinismo.

C) mutualismo.

D) parasitismo.

E) comensalismo.

07. (UFMG) Todos os animais a seguir são, respectivamente, predador e presa, **EXCETO**

A) lobo e cordeiro.

B) gavião e pinto.

C) onça e veado.

D) raposa e galinha.

E) cachorro e raposa.

08. (UFMG) Numa comunidade às margens de um rio, podem ser encontrados: anus que catam e comem carrapatos do gado; cobras que comem pererecas e roedores silvestres; seriemas que comem cobras e pererecas.

Que tipo de relação **NÃO** existe na comunidade a que o texto faz referência?

A) Parasitismo

B) Predatismo

C) Protocooperação

D) Competição

E) Comensalismo

09. (PUC Minas) Quanto às relações ecológicas, existem as relações harmônicas e as desarmônicas, sendo ainda interespecíficas ou intraespecíficas.
Assinale a alternativa **CORRETA**.

A) Esclavagismo → é a associação em que uma das espécies se aproveita das atividades ou do trabalho da outra.

B) Parasitismo → é a relação em que uma das espécies mata a outra para dela se alimentar.

C) Inquilinismo → é a associação em que uma das espécies se beneficia, usando restos alimentares da outra, que não é prejudicada.

D) Mutualismo → é a associação em que uma das espécies se fixa ou se abriga em outra, porém sem prejudicá-la.

E) Sociedades → são as associações entre indivíduos da mesma espécie que se mantêm ligados entre si, formando uma unidade estrutural.

10. (UFES) As micorrizas, que representam uma associação entre fungos e raízes de certos vegetais, constituem exemplo de

A) comensalismo.

B) mutualismo (simbiose).

C) parasitismo.

D) predatismo.

E) competição interespecífica.

11. (UDESC–2011) Nos ecossistemas os organismos de uma comunidade interagem continuamente. Analise as proposições em relação a isso.

I. O louva-a-deus se alimenta de outros insetos, por exemplo, moscas e mariposas.

II. Após a cópula, a fêmea do louva-a-deus devora o macho.

III. Em uma mesma planta encontram-se lagartas e besouros comendo as suas folhas.

IV. As formigas são insetos que apresentam divisão de castas, por exemplo, operárias e soldados.

V. Os animais ruminantes, como boi e cabra, apresentam microrganismos simbiontes, como bactérias, no trato digestivo.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta de interações entre organismos.

A) I. predação / II. predação / III. herbivoria / IV. sociedade / V. mutualismo

B) I. predação / II. canibalismo / III. competição / IV. sociedade / V. mutualismo

C) I. predação / II. canibalismo / III. herbivoria / IV. sociedade / V. infecção

D) I. canibalismo / II. predação / III. competição / IV. agregação / V. infecção

E) I. canibalismo / II. canibalismo / III. competição / IV. individualismo / V. comensalismo

12. (FUVEST-SP) Na opinião de alguns ecologistas, os animais herbívoros que comem sementes devem ser considerados predadores e os que comem folhas devem ser considerados parasitas. **JUSTIFIQUE** essa classificação.

13. (VUNESP) Um grupo de estudantes, em visita à zona rural, observou bois e gafanhotos alimentando-se de capim; orquídeas, liquens e erva-de-passarinho em troncos de árvores; lagartos caçando insetos e, no pasto, ao lado de vários cupinzeiros, anus retirando carrapatos do dorso dos bois.

A) **IDENTIFIQUE**, entre as diferentes relações descritas no texto, dois exemplos de parasitismo.

B) Entre as relações observadas pelos estudantes, **CITE** uma relação interespecífica de benefício mútuo e uma estrutura que indique uma relação intraespecífica.

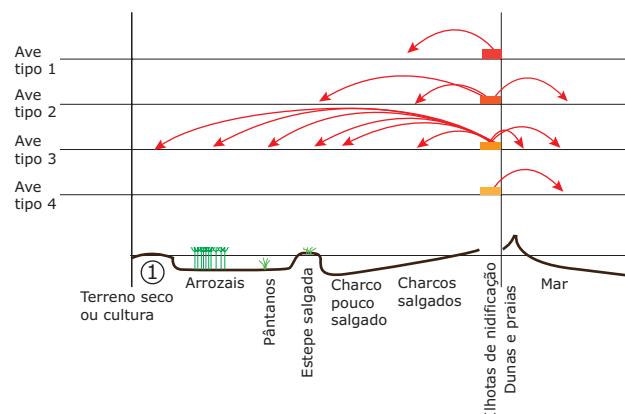
14. (UFV-MG) Em janeiro, nascem as tartarugas que, imediatamente, se dirigem para a água. Nessa ocasião, muitos são os inimigos que elas enfrentam: o homem lhes dá caça impiedosa e também são presas fáceis para as aves de rapina e mamíferos em geral. Ao chegarem à água, os sobreviventes continuam lutando pela vida; poderão ser apanhados por piranhas e jacarés [...] As sanguessugas obtêm alimento das tartarugas, sem, contudo, matá-las.

No interior desses répteis, vivem vários vermes, que aí obtêm alimento sem matá-los. Micro-organismos aí vivem e ocasionalmente podem causar-lhes a morte. Ao morrer dessa maneira ou por um acidente qualquer, a tartaruga se transforma em alimento para os sapróvoros [...] Outros animais também se alimentam dos mesmos frutos procurados pela tartaruga; um exemplo é o gambá, embora o seu alimento preferido seja carne. Alguns morcegos, frugívoros por excelência, também utilizam o mesmo alimento que as tartarugas, mas são presas de gaviões e até de quatis, que, reduzindo o número daqueles animais, relacionam-se com a tartaruga indiretamente.

Considerando apenas as informações fornecidas pelo texto, **CITE** dele dois exemplos de

A) parasitismo.

B) competição interespecífica.

C) predatismo.

15. (UFRJ) Em um determinado ambiente, vivem duas espécies A e B que não se inter-relacionam. Nesse mesmo ambiente, foi introduzida uma espécie C, indicada pela seta, que se inter-relacionou com as outras duas. Os dados foram representados no gráfico a seguir.

Analisando o gráfico, que tipo de relação ecológica a espécie C manteve com A e com B? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2000) O esquema a seguir representa os diversos meios em que se alimentam aves, de diferentes espécies, que fazem ninho na mesma região.

Com base no esquema, uma classe de alunos procurou identificar a possível existência de competição alimentar entre essas aves e concluiu que

A) não há competição entre os quatro tipos de aves porque nem todas elas se alimentam nos mesmos locais.

B) não há competição apenas entre as aves dos tipos 1, 2 e 4 porque retiram alimentos de locais exclusivos.

C) há competição porque a ave do tipo 3 se alimenta em todos os lugares e, portanto, compete com todas as demais.

D) há competição apenas entre as aves 2 e 4 porque retiram grande quantidade de alimento de um mesmo local.

E) não se pode afirmar se há competição entre as aves que se alimentam em uma mesma região sem conhecer os tipos de alimentos que consomem.

02. Uma praga ataca os Jardins, elegante bairro da zona sul de São Paulo. Comendo móveis, armários embutidos, batentes e guarnições de portas, os cupins são um pesadelo para moradores de alguns dos endereços mais exclusivos da zona sul de São Paulo.”

FOLHA DE S. PAULO, 23 nov. 1990.

Apesar de se alimentarem de madeira, os cupins são incapazes de digerir a celulose. Essa digestão é feita por enzimas produzidas por protozoários que habitam o intestino desses insetos, sendo que os protozoários só conseguem sobreviver nesse ambiente por encontrarem proteção e um abundante suprimento de celulose, seu principal alimento. Eles a digerem convertendo-a em glicose e, com a fermentação dessa molécula, obtêm energia necessária às suas funções. Essa fermentação produz ácido acético, que é oxidado pelo cupim e usado como fonte de energia. Desse modo, ambas as espécies são beneficiadas.

LINHARES; GEWANDSZNAJDER. *Biologia Hoje*. São Paulo: Ática, 2003, v.3, p. 29 (Adaptação).

Considerando os diferentes tipos de associações que podem existir entre os seres vivos e as informações fornecidas pelo texto, é correto dizer que a relação ecológica entre os cupins e os protozoários é do tipo

A) comensalismo.

B) parasitismo.

C) mutualismo.

D) canibalismo.

E) competição.

03. (Enem–2009) Na Região Amazônica, diversas espécies de aves se alimentam da ucuúba (*Virola sebifera*), uma árvore que produz frutos com polpa carnosa, vermelha e nutritiva. Em locais onde essas árvores são abundantes, as aves se alternam no consumo dos frutos maduros, ao passo que em locais onde elas são escassas, tucanos-de-papo-branco (*Ramphastus tucanos cuvieri*) permanecem forrageando nas árvores por mais tempo. Por serem de grande porte, os tucanos-de-papo-branco não permitem a aproximação de aves menores, nem mesmo de outras espécies de tucanos. Entretanto, um tucano de porte menor (*Ramphastus vitellinus ariel*), ao longo de milhares de anos, apresentou modificação da cor do seu papo, do amarelo para o branco, de maneira que se tornou semelhante ao seu parente maior. Isso permite que o tucano menor compartilhe as ucuúbas com a espécie maior sem ser expulso por ela ou sofrer as agressões normalmente observadas nas áreas onde a espécie apresenta o papo amarelo.

PAULINO NETO, H. F. Um tucano "disfarçado". *Ciência Hoje*, v. 252, p. 67-69, set. 2008 (Adaptação).

O fenômeno que envolve as duas espécies de tucano constitui um caso de

A) mutualismo, pois as duas espécies compartilham os mesmos recursos.
B) parasitismo, pois a espécie menor consegue se alimentar das ucuúbas.
C) relação intraespecífica, pois ambas as espécies apresentam semelhanças físicas.
D) sucessão ecológica, pois a espécie menor está ocupando o espaço da espécie maior.
E) mimetismo, pois uma espécie está fazendo uso de uma semelhança física em benefício próprio.

GABARITO

Fixação

01. D 02. A 03. A 04. E 05. C

Propostos

01. A

02. E

03. D

04. C

05. E

06. C

07. E

08. E

09. A

10. B

11. B

12. Ao comerem sementes, os herbívoros matam os embriões contidos nas mesmas. Assim, matam e alimentam-se de outro ser vivo de espécie diferente, tendo, então, um comportamento de predador. Ao comerem apenas as folhas, os herbívoros obtêm alimentos, mas prejudicam o desenvolvimento das plantas, tendo, então, um comportamento de parasita.

13. A) Parasitismo: erva-de-passarinho em tronco de árvores, das quais obtém a seiva bruta; carrapatos obtendo sangue do dorso dos bois.

B) Relação interespecífica de benefício mútuo: anus e bois (relação de protocooperação); liquens (relação de mutualismo entre algas e fungos). Estrutura que indica uma relação intraespecífica: cupinzeiro (sociedade dos cupins).

14. A) Sanguessugas e tartarugas; vermes e tartarugas; micro-organismos e tartarugas.

B) Gambás e tartarugas; morcegos e tartarugas.

C) Gaviões e morcegos; quatis e morcegos; aves de rapina e tartarugas; piranhas e tartarugas; jacarés e tartarugas.

15. A espécie C, ao ser introduzida no ambiente, manteve uma relação harmônica interespecífica com a espécie A, podendo ser, por exemplo, uma protocooperação, que trouxe benefícios para ambas. Com a espécie B, a espécie C manteve uma relação desarmônica interespecífica, por exemplo, a competição ou o predatismo, uma vez que, nessa relação, a espécie C teve benefícios, enquanto a espécie B foi prejudicada.

Seção Enem

01. E

02. C

03. E

BIOLOGIA

MÓDULO 19 FRENTE C

Estudo das populações

População é um conjunto de indivíduos da mesma espécie que vivem numa mesma área (espaço físico), num certo intervalo de tempo.

Dependendo da espécie, os indivíduos de uma mesma população podem se inter-relacionar através de relações harmônicas (colônias, sociedades) ou desarmônicas (competição, canibalismo).

O tamanho de uma população evidentemente depende do número de indivíduos que a compõem. A relação entre o tamanho da população e o espaço ocupado por ela constitui a densidade populacional.

$$\text{Densidade populacional} = \frac{\text{Número de indivíduos da população}}{\text{Espaço ocupado pela população}}$$

TAXAS DE CRESCIMENTO DE UMA POPULAÇÃO

Medidas do tamanho de uma população, feitas em diferentes intervalos de tempo, permitem saber se ela está em expansão, em declínio ou estável.

Taxa de Crescimento Bruto (TCB)

É a variação (aumento ou diminuição) do número de indivíduos de uma população em determinado intervalo de tempo.

$$\text{Taxa de Crescimento Bruto (TCB)} = \frac{N_f - N_i}{t}$$

N_f *= número de indivíduos ao final do período considerado;*
N_i *= número de indivíduos no início do período considerado;*
t *= intervalo de tempo considerado.*

Exemplo:

Uma população de determinada espécie de bactérias, ao ser inicialmente analisada, mostrou-se constituída por 2 mil indivíduos (N_i = 2 000). Uma hora depois (t = 1 h), a população era de 4 mil indivíduos (N_f = 4 000). Assim, a taxa de crescimento bruto **(TCB)** foi, no intervalo de tempo considerado, de 2 mil indivíduos por hora.

Exemplo:

A análise de duas populações de espécies diferentes de bactérias (A e B) mostrou os resultados indicados na tabela a seguir:

Tempo	Número de bactérias por milímetros de cultura	
	População A	População B
Início	10 000	200 000
Após 1 hora	20 000	300 000

A taxa de crescimento bruto (TCB) para cada uma das populações de bactérias (A e B) é:

$$\text{TCB de A} = \frac{20\ 000 - 10\ 000}{1 \text{ hora}} = 10\ 000 \text{ indivíduos/h}$$

$$\text{TCB de B} = \frac{300\ 000 - 200\ 000}{1 \text{ hora}} = 100\ 000 \text{ indivíduos/h}$$

A taxa de crescimento bruto das duas populações mostra que o número de indivíduos da população **B** aumentou mais do que o da população **A**, no mesmo intervalo de tempo. Entretanto, como a população **B** era inicialmente maior, não podemos dizer que esse maior crescimento bruto indica que ela esteja crescendo mais depressa que a população **A**. Para isso, devemos considerar o tamanho de cada população, calculando suas taxas de crescimento relativo.

Taxa de Crescimento Relativo (TCR)

É calculada tomando-se o número de indivíduos da população no tempo final **(N_f)**, subtraindo-se dele o número de indivíduos da população no tempo inicial **(N_i)** e dividindo-se o resultado pelo número de indivíduos que havia na população no tempo inicial **(N_i)**.

$$\text{Taxa de Crescimento Relativo (TCR)} = \frac{N_f - N_i}{N_i}$$

As taxas de crescimento relativo **(TCR)** para as duas populações de bactérias (A e B) do exemplo anterior são:

$$\text{TCR de A} = \frac{20\,000 - 10\,000}{10\,000} = 1$$

$$\text{TCR de B} = \frac{300\,000 - 200\,000}{200\,000} = 0{,}5$$

Como vimos, a população **A** cresce em ritmo mais acelerado que a população **B**. No mesmo intervalo de tempo, isto é, em 1 hora, a população **A** dobrou (cresceu 100%). Já a população **B** cresceu 50%.

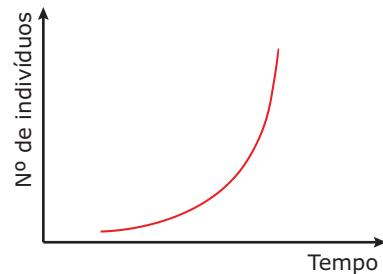
O crescimento de uma população resulta da interação de quatro fatores: natalidade, mortalidade, imigração e emigração.

A) **Natalidade** – Indica a proporção de novos indivíduos adicionados à população, num certo intervalo de tempo, através de nascimentos.

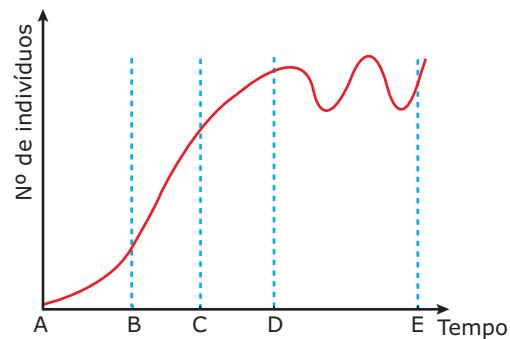
B) **Mortalidade** – Indica a proporção de perdas de indivíduos na população, num certo intervalo de tempo, em razão de mortes.

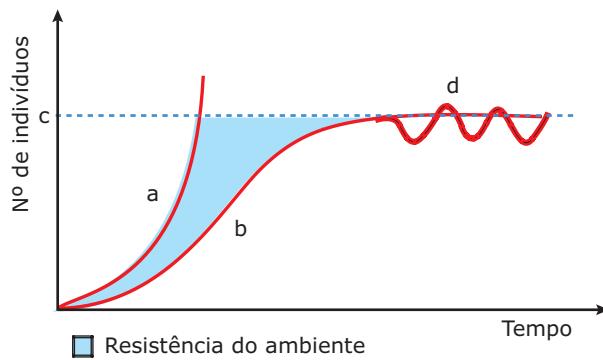
C) **Imigração** – Indica a proporção de indivíduos que entram numa população, num certo intervalo de tempo, procedentes de outras áreas.

D) **Emigração** – Indica a proporção de indivíduos que saem de uma população, num certo intervalo de tempo, em direção a outras áreas.

A natalidade e a imigração são fatores que acrescentam novos indivíduos numa população e, consequentemente, contribuem para aumentar a densidade populacional. Por outro lado, a mortalidade e a emigração retiram indivíduos de uma população, contribuindo para diminuir a densidade.

CURVAS DE CRESCIMENTO DE UMA POPULAÇÃO

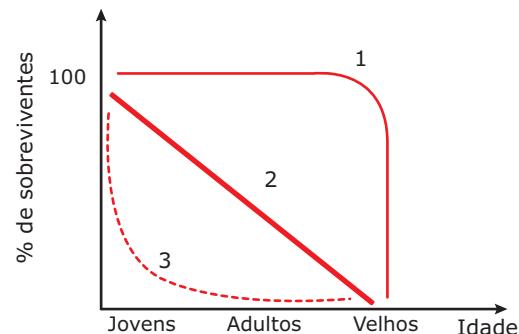
A capacidade potencial de uma população aumentar numericamente, através da reprodução em condições ambientais favoráveis (ideais), caracteriza o chamado potencial biótico ou reprodutivo da população.

O potencial biótico varia de espécie para espécie, podendo ser muito elevado em algumas e bastante baixo em outras. A mosca doméstica, por exemplo, tem um potencial biótico elevado, ou seja, uma única fêmea põe em média 12 ovos por vez. Se levarmos em consideração que uma mosca pode produzir sete gerações por ano e que metade dos descendentes são fêmeas, teríamos, ao fim de um ano, se todos os descendentes sobrevivessem, aproximadamente 6 trilhões de indivíduos. Se a mortalidade fosse zero, uma única bactéria, reproduzindo-se a cada 20 minutos, produziria descendentes suficientes para cobrir a superfície do nosso planeta em apenas 36 horas. Em contrapartida, mamíferos de grande porte, como o elefante, o rinoceronte e a baleia, têm capacidade reprodutora muito baixa, já que seu tempo de gestação e de amamentação são longos, e, geralmente, nasce apenas um filhote de cada vez.

Ao potencial biótico de uma população opõe-se um conjunto de fatores que constituem a resistência do ambiente ou resistência ambiental. Entre esses fatores, temos, por exemplo, a escassa disponibilidade de alimentos no meio, as limitações de espaço, a falta de água, as condições climáticas desfavoráveis, as competições intra e interespecíficas, a predação e o parasitismo. São esses fatores da resistência ambiental que impedem uma população de crescer indefinidamente, obedecendo apenas ao seu potencial biótico.

Curva de crescimento exponencial de uma população em condições ideais *– O gráfico mostra como seria a curva de crescimento de uma população em que não atuassem os fatores da resistência ambiental, isto é, a curva de crescimento de uma população, obedecendo apenas ao seu potencial biótico.*

Como todas as populações, em condições naturais, estão sujeitas aos fatores da resistência ambiental, a curva de crescimento real de uma população resulta da interação entre o seu potencial biótico e a resistência que lhe é imposta pelo meio.

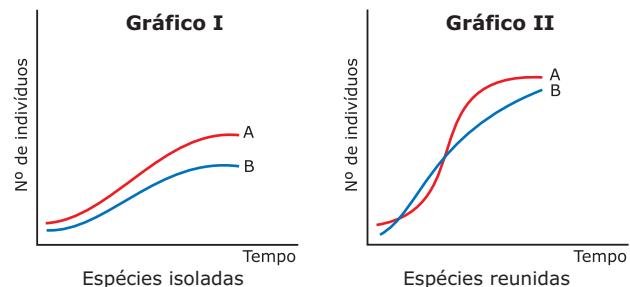
Curva real de crescimento *– O gráfico mostra um exemplo dessa curva de crescimento real, partindo-se de uma população ainda jovem. No trecho AC do gráfico anterior, a população cresce sem sofrer praticamente nenhuma limitação imposta pelo ambiente.*

Inicialmente (trecho AB), o crescimento da população é mais lento, já que o número inicial de organismos capazes de reproduzir é pequeno. Assim, o trecho AB corresponde a um período inicial de adaptação às condições ambientais. Porém, à medida que o número de indivíduos adultos capazes de reproduzir e gerar descendentes aumenta, o crescimento da população se faz de forma mais rápida (trecho BC). Essa fase costuma ser chamada de fase log (de "logarítmica"), por apresentar um crescimento exponencial. O ponto C do gráfico pode ser considerado como o momento em que se inicia efetivamente o processo de resistência ambiental. A partir desse ponto, a população começa a mostrar um crescimento menos veloz. No ponto D, o potencial biótico da espécie equivale à resistência ambiental e, a partir daí, o número de indivíduos mantém-se mais ou menos constante, apresentando pequenas oscilações, ora acima, ora abaixo do limite máximo de crescimento: é o chamado equilíbrio dinâmico de uma população. Assim, o trecho DE corresponde à fase de equilíbrio.

Dizer que uma população se estabilizou ou que entrou em equilíbrio com o ambiente não significa que o número de indivíduos dessa população seja rigorosamente constante. Sempre há variações, porque a capacidade limite do ambiente varia, aumentando e diminuindo em torno de um nível médio. Essas variações na capacidade limite permitem variações no número de indivíduos da população, as quais, quando pequenas e regulares, chamam-se oscilações; quando abruptas e acentuadas, chamam-se flutuações.

***Curvas de crescimento populacional** – A curva (a) representa o potencial biótico da espécie; a curva (b) representa o crescimento populacional padrão (curva sigmoide ou curva logística); (c) indica a capacidade de sustentação máxima (capacidade de suporte máxima, carga biótica máxima, capacidade limite do meio), ou seja, o número máximo de indivíduos que determinado ambiente pode sustentar; (d) mostra pequenas oscilações em torno de um valor numérico máximo, indicando que a população permanece em estado de equilíbrio. A área entre (a) e (b) representa a resistência ambiental.*

CURVAS DE SOBREVIVÊNCIA DE UMA POPULAÇÃO

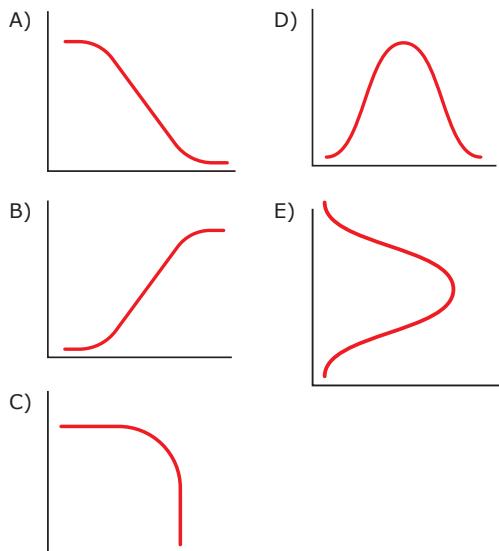
Quando se estuda uma população, é muito importante saber o número dos sobreviventes entre todos os indivíduos que nascem. Para isso, elaboram-se as chamadas curvas de sobrevivência.

Existem três tipos básicos de curvas de sobrevivência:

***Curvas de sobrevivência** – **1.** Curva ideal – É aquela em que todos os indivíduos que nascem têm aproximadamente o mesmo tempo de vida, morrendo quando atingem idades mais avançadas (velhice). **2.** Curva de mortalidade constante – É aquela em que a taxa de mortalidade de indivíduos jovens, adultos e velhos é praticamente a mesma, isto é, morrem jovens, adultos e velhos numa mesma proporção. **3.** Curva de mortalidade elevada de jovens – Mostra que há um alto índice de mortalidade de indivíduos ainda na idade jovem (a mortalidade infantil é elevada).*

A maior parte das espécies animais tem sua sobrevivência tendendo para a curva 2, enquanto os vegetais seguem uma curva do tipo 3. A curva referente ao tempo de vida no homem, nos países mais desenvolvidos, aproxima-se da do tipo 1, graças aos recursos de saneamento, à assistência médica e à maior produtividade agrícola. Já nos países subdesenvolvidos, há uma elevada mortalidade ainda na fase jovem e uma mortalidade significativa na fase adulta, caracterizando uma curva que fica entre aquelas dos tipos 2 e 3.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFMG) Observe os gráficos referentes às curvas de crescimento populacional de duas espécies. O gráfico I representa o crescimento populacional dessas espécies criadas isoladamente. O gráfico II representa o crescimento populacional dessas espécies, reunidas numa mesma cultura.

Com base na comparação dos dois gráficos, pode-se afirmar que a provável relação ecológica entre as duas espécies seria **MELHOR** definida como

A) competição.
B) comensalismo.
C) protocooperação.
D) inquilinismo.

02. (UFMG)

Crescimento de uma população de *Saccharomyces cerevisiae*

Idade da população em horas	Número de células da população
0	20
2	38
4	104
6	264
8	432
10	594
12	624
14	638

De acordo com esta tabela, foi elaborado um gráfico para representar o número de indivíduos que se acrescenta à população na unidade de tempo, tendo nas ordenadas o número de indivíduos e nas abscissas o tempo. A curva que representa os dados anteriores é

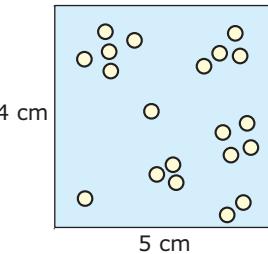
03. (FCC-SP) Para calcular a densidade de uma população, é necessário conhecer o número de indivíduos que a compõem e

A) o espaço que ocupa.
B) a taxa de mortalidade.
C) a taxa de natalidade.
D) o número de indivíduos que migram.
E) o número de indivíduos de outras populações da mesma região.

04. (PUC-SP) O gráfico a seguir representa a ação de uma doença epidêmica sobre uma população de coelhos.

Os períodos delimitados por 1, 2, 3 e 4 indicam, respectivamente,

A) equilíbrio, recuperação, crescimento e epidemia.
B) equilíbrio, epidemia, crescimento e recuperação.
C) equilíbrio, epidemia, extinção e recuperação.
D) crescimento, equilíbrio, extinção e recuperação.
E) crescimento, recuperação, epidemia e extinção.

05. (Unifor-CE) Considere os seguintes itens:

I. Clima
II. Competição
III. Predatismo
IV. Parasitismo

Podem regular o tamanho das populações

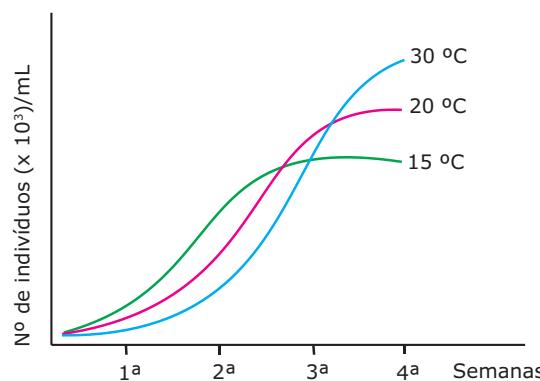
A) apenas I e II.
B) apenas III e IV.
C) apenas I, II e IV.
D) apenas II, III e IV.
E) I, II, III e IV.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG) O esquema representa uma amostragem de certa larva de mosca e nele cada círculo corresponde a um indivíduo.

A densidade dessa população pode ser expressa como

A) 0,5 ind/m^2.
B) 1 ind/m^2.
C) 10 ind/m^2.
D) 10^2 ind/m^2.
E) 10^4 ind/m^2.

02. (UFRN) Entre os fatores que determinam a diminuição da densidade de uma população, podemos citar

A) mortalidade e longevidade.

B) imigração e emigração.

C) mortalidade e imigração.

D) imigração e natalidade.

E) emigração e mortalidade.

03. (FIUBE-MG) Em uma população, a relação entre o número de indivíduos e o número de unidades de espaço por eles ocupado indica sua

A) taxa de mortalidade.

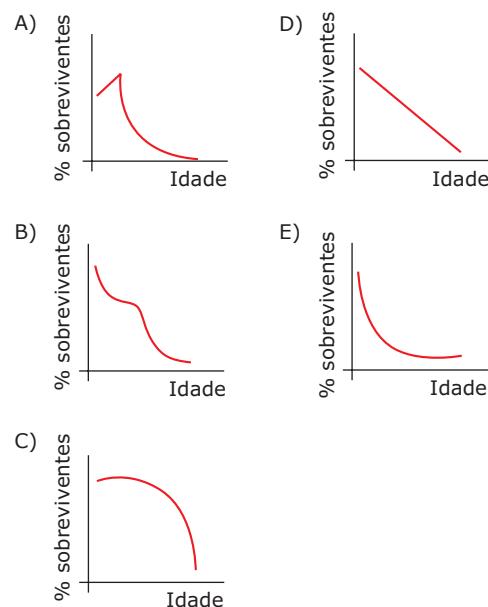
B) taxa de natalidade.

C) taxa de crescimento.

D) seleção natural.

E) densidade.

04. (UFMG) Uma espécie de verme, *Turbatrix aceti*, foi cultivada em três temperaturas diferentes.

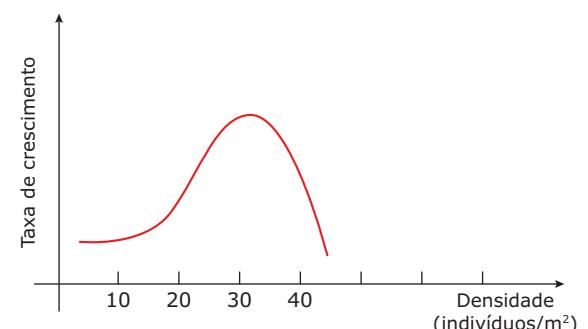
A criação foi feita em placas de petri do mesmo tamanho e com o mesmo meio de cultura. Em cada placa, foram colocados, inicialmente, 100 indivíduos. As curvas de crescimento obtidas estão no gráfico.

A partir do gráfico, pode-se afirmar que,

A) em baixa densidade, a população de *T. aceti* cresce melhor a 30 °C.

B) durante a 3ª semana, o crescimento da população se estabiliza, nas três temperaturas.

C) entre a 1ª e a 2ª semanas, o maior crescimento da população se dá à temperatura de 20 °C.

D) para se obter um grande número de *T. aceti* usando temperatura de 15 °C, deve-se iniciar nova cultura no final da 2ª semana.

E) na 4ª semana, não existe diferença do número total de indivíduos na população, nas três temperaturas.

05. (UFMG) Nos peixes, a fecundação e o desenvolvimento são normalmente externos, o que favorece uma alta predação das fases jovens. Assim, esses animais adotam a estratégia de produzir milhares de gametas, tanto femininos quanto masculinos, para garantir uma alta produção de formas jovens, das quais poucas vão sobreviver e dar continuidade à espécie.

Considerando as informações, o gráfico que **MELHOR** representa a curva de sobrevivência desses animais é

A)

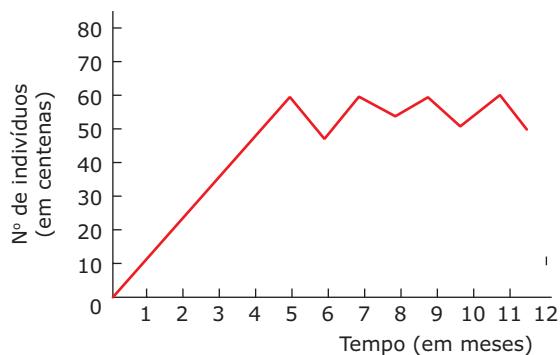
D)

B)

E)

C)

06. (UFMG) Analise o gráfico.

Representação gráfica da taxa de crescimento de uma população de jacarés em função da densidade.

Com base nesse gráfico, todas as afirmativas sobre a taxa de crescimento dos jacarés estão corretas, **EXCETO**

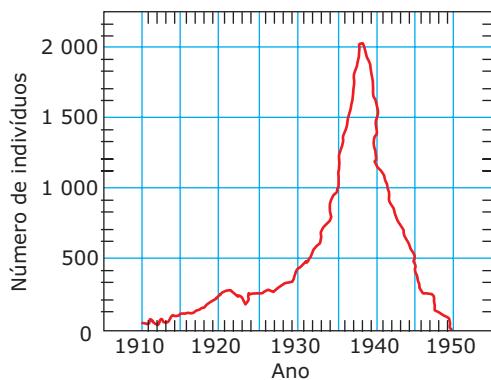
A) Aumenta até que a densidade se torne máxima.

B) Diminui a partir da densidade de 30 indivíduos/m².

C) É constante até uma densidade de 10 indivíduos/m².

D) É máxima numa densidade intermediária.

E) É mínima numa densidade máxima.

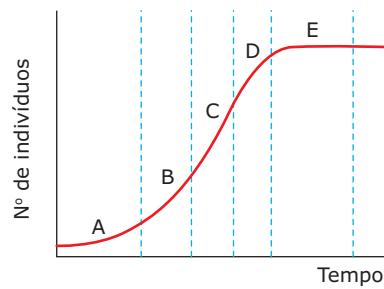
07. (UFMG)

Qual a alternativa **ERRADA**?

A) O crescimento observado nos cinco primeiros meses sugere que se trata de uma população recente em ambiente favorável.

B) As flutuações observadas sugerem que a população não atingiu o equilíbrio nos doze meses.

C) Entre 5 e 6, 7 e 8, 9 e 10, 11 e 12, tanto pode ter havido aumento nas taxas de mortalidade e emigração, como diminuição nas taxas de natalidade e imigração.

D) A variação da população observada entre 6 e 7 pode ser devida a um aumento da taxa de imigração.

E) A competição por alimento e por espaço são fatores que podem ter influído na variação da população entre 5 e 6.

08. (FUVEST-SP–2011) Em 1910, cerca de 50 indivíduos de uma espécie de mamíferos foram introduzidos numa determinada região. O gráfico a seguir mostra quantos indivíduos dessa população foram registrados a cada ano, desde 1910 até 1950.

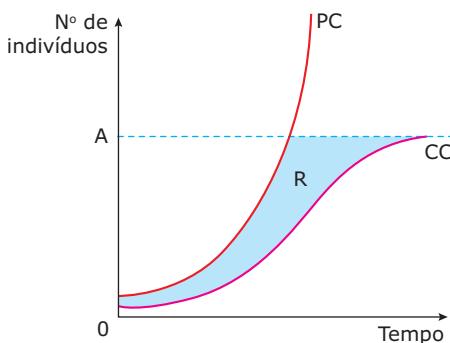
Esse gráfico mostra que,

A) desde 1910 até 1940, a taxa de natalidade superou a de mortalidade em todos os anos.

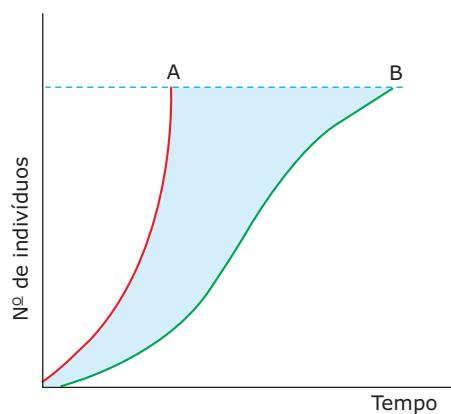
B) a partir de 1938, a queda do número de indivíduos foi devida à emigração.

C) no período de 1920 a 1930, o número de nascimentos mais o de imigrantes foi equivalente ao número de mortes mais o de emigrantes.

D) no período de 1935 a 1940, o número de nascimentos mais o de imigrantes superou o número de mortes mais o de emigrantes.

E) no período de 1910 a 1950, o número de nascimentos mais o de imigrantes superou o número de mortes mais o de emigrantes.

09. (UCSal-BA) Considere o gráfico a seguir, que representa o crescimento de uma população.

Em qual dos períodos considerados a resistência do meio torna-se igual ao potencial biótico da população?

A) A
B) B
C) C
D) D
E) E

10. (FUVEST-SP)

A curva PC do gráfico representa o potencial de crescimento de uma população animal, enquanto CC representa seu crescimento num certo ambiente. **R** representa a resistência do meio.

A) Qual o significado biológico do valor **A**?

B) **DÊ** exemplo de dois fatores que possam constituir a resistência do meio.

11. (VUNESP) O gráfico a seguir representa o crescimento de uma população no transcorrer de um certo período de tempo.

Pergunta-se:

A) O que representa a área entre as curvas A e B?

B) Qual a relação dessa área com a curva B?

12. (UNEB-BA) Uma determinada população, inicialmente constituída por cem indivíduos, foi acompanhada durante quatro anos registrando-se os dados seguintes:

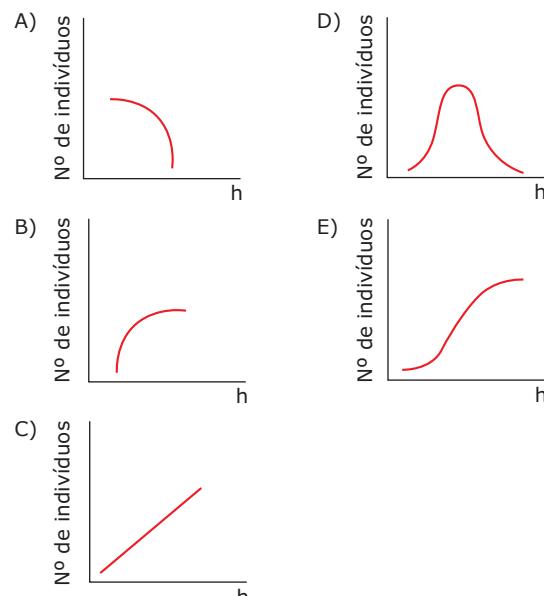
Ano	N	M	E	I
1	32	19	2	5
2	30	25	7	2
3	35	30	12	5
4	28	31	6	8

N = número de nascimentos

M = número de mortes

E = número de emigrantes

I = número de imigrantes

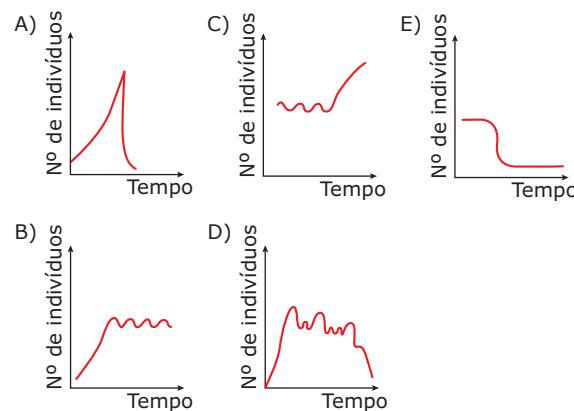
Ao final do quarto ano, o número de indivíduos dessa população é

A) 119.

B) 116.

C) 114.

D) 113.

E) 100.

13. (UFMG) Observe a tabela.

Crescimento de uma população de lêvedo com 20 indivíduos iniciais

Idade da população (em horas)	Número de indivíduos que surgem na população
2	19
4	42
6	104
8	176
10	162
12	82
14	46
16	15

A curva que **MELHOR** representa o número total de indivíduos na população é

A)

D)

B)

E)

C)

14. (FCC-SP) Qual das curvas a seguir poderia representar uma população de insetos que foi introduzida numa ilha, desenvolveu-se e atingiu o equilíbrio?

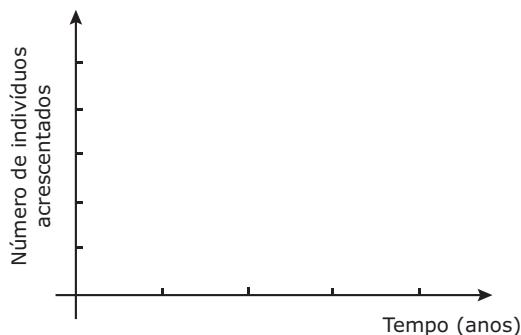
A)

C)

E)

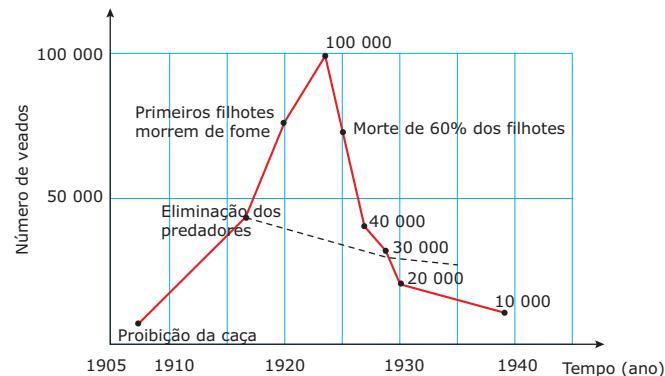
B)

D)

BIOLOGIA

15. (UFMG) Durante quatro anos, foram coletados dados de uma população de capivaras numa fazenda experimental de 100 ha (1 ha = 10 000 m²). Os determinantes populacionais variaram da seguinte maneira:

Determinantes populacionais	Ano			
	1985	1986	1987	1988
Natalidade	150	220	450	500
Mortalidade	50	87	55	118
Imigração	10	30	50	30
Emigração	10	13	25	142

A) Com base nesses dados, **PREENCHA** as lacunas no quadro.

Ano	Tamanho inicial da população	Tamanho final da população
1984	–	600
1985	600	
1986		
1987		
1988		

B) **TRACE** a curva que representa o número de indivíduos que se acrescentaram à população durante os quatro anos.

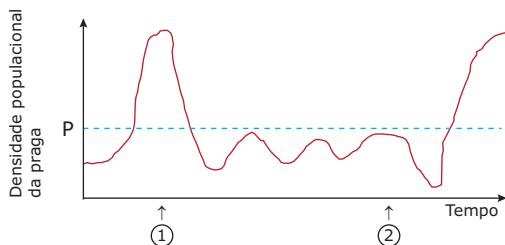
C) **CALCULE** a densidade da população no final do ano de 1986.

D) **PROPONHA** uma hipótese que explique os valores observados para a mortalidade e a emigração no ano de 1988 em relação aos anos anteriores.

E) **INDIQUE** a provável tendência a ser observada no tamanho da população a partir de 1989.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–1998) No início do século XX, com a finalidade de possibilitar o crescimento da população de veados no planalto de Kaibab, no Arizona (EUA), moveu-se uma caçada impiedosa aos seus predadores – pumas, coiotes e lobos. No gráfico a seguir, a linha cheia indica o crescimento real da população de veados, no período de 1905 a 1940; a linha pontilhada indica a expectativa quanto ao crescimento da população de veados, nesse mesmo período, caso o homem não tivesse interferido em Kaibab.

AMABIS & MARTHO. *Fundamentos de Biologia Moderna*. p. 42.

Para explicar o fenômeno que ocorreu com a população de veados após a interferência do homem, um estudante elaborou as seguintes hipóteses e / ou conclusões:

I. Lobos, pumas e coiotes não eram, certamente, os únicos e mais vorazes predadores dos veados; quando estes predadores, até então desapercebidos, foram favorecidos pela eliminação de seus competidores, aumentaram numericamente e quase dizimaram a população de veados.

II. A falta de alimentos representou para os veados um mal menor que a predação.

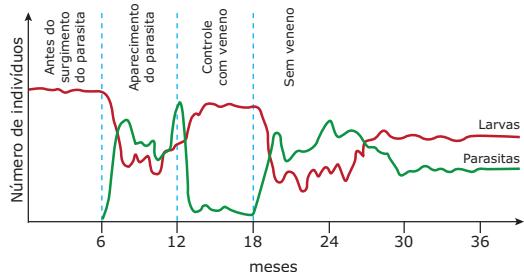
III. Ainda que a atuação dos predadores pudesse representar a morte para muitos veados, a predação demonstrou-se um fator positivo para o equilíbrio dinâmico e para a sobrevivência da população como um todo.

IV. A morte dos predadores acabou por permitir um crescimento exagerado da população de veados, isto levou à degradação excessiva das pastagens, tanto pelo consumo excessivo como pelo seu pisoteamento.

O estudante acertou se indicou as alternativas

A) I, II, III e IV.
B) I, II e III, apenas.
C) I, II e IV, apenas.
D) II e III, apenas.
E) III e IV, apenas.

02. (Enem–1999) O crescimento da população de uma praga agrícola está representado em função do tempo, no gráfico seguinte, no qual a densidade populacional superior a P causa prejuízo à lavoura. No momento apontado pela seta 1, um agricultor introduziu uma espécie de inseto que é inimigo natural da praga, na tentativa de controlá-la biologicamente.

No momento indicado pela seta 2, o agricultor aplicou grande quantidade de inseticida, na tentativa de eliminar totalmente a praga.

A análise do gráfico permite concluir que

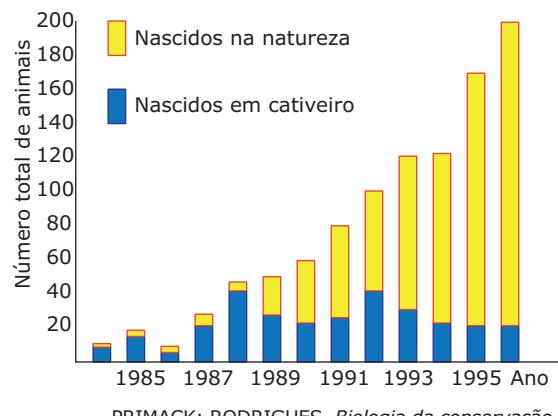
A) se o inseticida tivesse sido usado no momento marcado pela seta 1, a praga teria sido controlada definitivamente, sem necessidade de um tratamento posterior.

B) se não tivesse sido usado o inseticida no momento marcado pela seta 2, a população de praga continuaria aumentando rapidamente e causaria grandes danos à lavoura.

C) o uso do inseticida tornou-se necessário, uma vez que o controle biológico aplicado no momento 1 não resultou na diminuição da densidade da população da praga.

D) o inseticida atacou tanto as pragas quanto os seus predadores; entretanto, a população de pragas recuperou-se mais rápido, voltando a causar dano à lavoura.

E) o controle de pragas por meio do uso de inseticidas é muito mais eficaz que o controle biológico, pois os seus efeitos são muito mais rápidos e têm maior durabilidade.

03. (Enem–2001) Um produtor de larvas aquáticas para alimentação de peixes ornamentais usou veneno para combater parasitas, mas suspendeu o uso do produto quando os custos se revelaram antieconômicos.

O gráfico registra a evolução das populações de larvas e parasitas.

O aspecto biológico, ressaltado a partir da leitura do gráfico, que pode ser considerado o melhor argumento para que o produtor não retome o uso do veneno é:

A) A densidade populacional das larvas e dos parasitas não é afetada pelo uso do veneno.

B) A população de larvas não consegue se estabilizar durante o uso do veneno.

C) As populações mudam o tipo de interação estabelecida ao longo do tempo.

D) As populações associadas mantêm um comportamento estável durante todo o período.

E) Os efeitos das interações negativas diminuem ao longo do tempo, estabilizando as populações.

04. (Enem–2004) Programas de reintrodução de animais consistem em soltar indivíduos, criados em cativeiro, em ambientes onde sua espécie se encontra ameaçada ou extinta. O mico-leão-dourado da Mata Atlântica faz parte de um desses programas. Como faltam aos micos criados em cativeiro habilidades para sobreviver em seu hábitat, são formados grupos sociais desses micos com outros capturados na natureza, antes de soltá-los coletivamente. O gráfico mostra o número total de animais, em uma certa região, a cada ano, ao longo de um programa de reintrodução desse tipo.

PRIMACK; RODRIGUES. *Biologia da conservação.*

A análise do gráfico permite concluir que o sucesso do programa deveu-se

A) à adaptação dos animais nascidos em cativeiro ao ambiente natural, mostrada pelo aumento do número de nascidos na natureza.

B) ao aumento da população total, resultante da reintrodução de um número cada vez maior de animais.

C) à eliminação dos animais nascidos em cativeiro pelos nascidos na natureza, que são mais fortes e selvagens.

D) ao pequeno número de animais reintroduzidos, que se mantiveram isolados da população de nascidos na natureza.

E) à grande sobrevivência dos animais reintroduzidos, que compensou a mortalidade dos nascidos na natureza.

GABARITO

Fixação

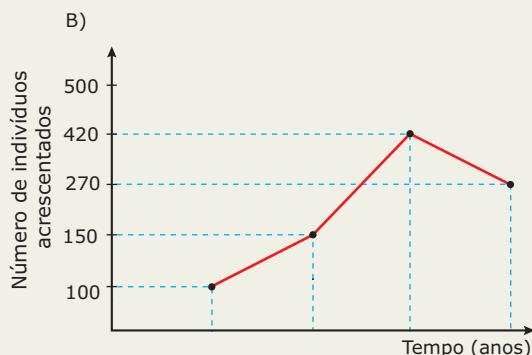
01. C
02. D
03. A
04. B
05. E

Propostos

01. E
02. E
03. E
04. D
05. E
06. A
07. B
08. D
09. E
10. A) O valor A indica o número máximo de indivíduos nas condições específicas desse ambiente ou a carga biótica máxima do meio (número máximo de indivíduos que um meio pode suportar).

    B) Falta de alimento, aumento da densidade populacional (falta de espaço), ação de predadores, alterações climáticas desfavoráveis, etc.

11. A) Resistência ambiental

    B) A curva B representa o crescimento real da população nesse ambiente. A área hachurada mostra o efeito da resistência ambiental em relação ao potencial biótico da espécie, indicado pela curva A.

12. D
13. E
14. B
15. A)

Ano	Tamanho inicial da população	Tamanho final da população
1984	–	600
1985	600	700
1986	700	850
1987	850	1 270
1988	1 270	1 540

B)

C) 8,5 capivaras/ha

D) Competição intraespecífica (caça; introdução de predadores).

E) Provavelmente, a população atingirá o equilíbrio (manutenção de um número mais ou menos equilibrado de indivíduos na população).

Seção Enem

01. E
02. D
03. E
04. A

BIOLOGIA

MÓDULO 20

FRENTE C

Cadeia alimentar

Ao conjunto de populações de espécies diferentes que vivem numa mesma área e num determinado intervalo de tempo dá-se o nome de comunidade, biocenose ou, ainda, biota. Numa comunidade, encontramos relações intraespecíficas (entre os indivíduos de uma mesma população) e relações interespecíficas (entre indivíduos de espécies diferentes).

Ao se fazer o estudo de uma comunidade, não levamos em consideração as condições físicas e químicas do meio ambiente. Interessa-nos conhecer apenas as diferentes espécies de seres vivos da região, seus modos de vida e como se inter-relacionam umas com as outras.

Quando relacionamos a comunidade com as condições físico-químicas do ambiente, estamos diante de um nível de organização mais complexo, chamado ecossistema ou complexo ecológico. Assim, todo ecossistema é constituído por um meio biótico (representado pelos seres vivos da região) e por um meio abiótico ou biótopo (representado pelas condições físico-químicas da região).

O conjunto de todos os ecossistemas de nosso planeta recebe o nome de biosfera. A biosfera, portanto, representa a parte do nosso planeta que contém vida.

Podemos subdividir a biosfera em epinociclo, limnociclo e talassociclo.

A) **Epinociclo (biociclo terrestre)** – Compreende todos os ecossistemas de terra firme, como as florestas, os desertos e os campos.

B) **Limnociclo (biociclo dulcícola)** – Compreende todos os ecossistemas de água doce, como os rios e lagos.

C) **Talassociclo (biociclo marinho)** – Compreende todos os mares e oceanos, isto é, todos os ecossistemas de água salgada.

Muitas vezes, encontramos na biosfera regiões de transição entre diferentes ecossistemas. Tais regiões são chamadas de ecótono (ecótone). No ecótono, encontramos espécies características dos ecossistemas que lhe são vizinhos, bem como espécies que são exclusivas do ecótono. Um bom exemplo de ecótono é a região de transição entre um campo e uma floresta.

A área ou o espaço físico onde, normalmente, vive uma determinada espécie, dentro do ecossistema, constitui o hábitat da espécie. O leão, a zebra e a girafa, por exemplo, vivem num mesmo hábitat: as savanas africanas. Diferentes espécies de animais têm como hábitat as águas mais superficiais dos ecossistemas marinhos, enquanto muitas outras vivem em regiões mais profundas. Numa floresta, muitas espécies estão adaptadas a viver apenas nas copas mais altas das árvores, enquanto outras têm como hábitat os troncos e galhos mais baixos. Assim, num mesmo hábitat, pode haver diferentes espécies de seres vivos.

Dentro do seu hábitat, cada espécie possui um modo de vida que constitui o seu nicho ecológico. O nicho de uma espécie compreende tudo o que a espécie faz dentro do ecossistema, ou seja, o que come, onde, como e a que momento do dia isso ocorre, como se inter-relaciona com as demais espécies do ambiente, quando e como se reproduz, etc. Pode-se dizer, também, que o nicho ecológico é o conjunto de atividades de uma espécie no ecossistema. Quando dizemos, por exemplo, que os preás são roedores de hábitos noturnos, que vivem durante o dia em tocas cavadas em depressões úmidas do terreno e saem à noite, geralmente em bandos com cerca de dez indivíduos, à cata de capim, arroz, trigo, milho e outras plantas que lhes servem de alimento, procurando esquivar-se de corujas, lobos-guarás, cobras e outros predadores, estamos, ao fazer essa descrição, relatando parte do nicho ecológico desses animais. É comum falarmos em nicho de alimentação, nicho de reprodução, etc. Conhecendo o nicho ecológico de uma espécie, podemos determinar sua posição funcional no ecossistema, isto é, a função por ela desempenhada.

Alguns autores comparam a relação entre hábitat e nicho ecológico com o endereço e a profissão. O hábitat seria o "endereço" da espécie (local onde ela vive), e o nicho seria a sua "profissão" (o que ela faz dentro do seu meio).

Segundo o Princípio da Exclusão Competitiva ou Princípio de Gause, duas ou mais espécies não podem explorar, por muito tempo, o mesmo nicho ecológico dentro de um mesmo hábitat. Se espécies diferentes têm o mesmo nicho, então terão os mesmos hábitos ou o mesmo modo de vida. Se estiverem num mesmo hábitat, a forte competição entre elas acaba promovendo mudança de hábitat (migração) ou de nicho (alteração do hábito alimentar, por exemplo), ou mesmo a extinção da espécie menos adaptada às condições ambientais.

Pode-se dizer, então, que a competição é uma relação ecológica em que ocorre superposição de nichos ecológicos. Evidentemente, quanto maior for a sobreposição dos nichos considerados, mais acirrado se torna o mecanismo competitivo.

Assim, quando nos deparamos, num determinado hábitat, com espécies que estabelecem entre si interações antigas, podemos afirmar que seus nichos são diferentes. Mesmo quando se trata de organismos proximamente relacionados, uma análise mais cuidadosa de seus nichos pode revelar certas diferenças, como atividade em horas diferentes do dia ou ligeiras preferências em relação ao alimento disponível. Por exemplo, certas espécies de herbívoros nutrem-se de pastagem num mesmo hábitat, mas não competem pelo alimento, pois umas se alimentam apenas das folhas mais tenras, enquanto outras preferem as folhas mais velhas.

Por mais que possa parecer que espécies diferentes possuem o mesmo nicho dentro de um mesmo hábitat, na realidade, isso é praticamente impossível. Sempre haverá alguma coisa que uma espécie faz diferentemente da outra. Duas espécies de peixes, por exemplo, podem conviver numa mesma profundidade de uma lagoa, alimentar-se semelhantemente e ter atividade mais intensa em uma mesma hora do dia, mas se reproduzirem em épocas diferentes do ano. Nesse caso, seus nichos se superpõem em grande parte, mas ainda assim são diferentes.

Às vezes, mesmo entre indivíduos de uma mesma espécie, há diversidade de nichos. Entre insetos, por exemplo, muitas espécies de mosquitos revelam hábitos alimentares diferentes entre machos e fêmeas: o macho é fitófago (alimenta-se de plantas), enquanto a fêmea é hematófaga (alimenta-se de sangue dos animais).

Espécies diferentes que vivem em hábitats diferentes, mas têm nichos ecológicos semelhantes, são chamadas de equivalentes ecológicos. É o caso, por exemplo, dos búfalos, que vivem nas pradarias americanas, e das zebras, que vivem nas savanas africanas, pois ambas as espécies têm nichos bastante semelhantes.

O MEIO BIÓTICO

Nos ecossistemas, o meio biótico (seres vivos) está dividido em três categorias: produtores, consumidores e decompositores.

Produtores

São os seres autótrofos do ecossistema. Compreendem, portanto, todos os organismos fotossintetizadores e quimiossintetizadores. Os produtores retiram substâncias inorgânicas do meio abiótico e, através da fotossíntese ou da quimiossíntese, as transformam em substância orgânica (glicose), que é, então, utilizada como alimento. Por isso, esses organismos são chamados de produtores, isto é, são os únicos seres do ecossistema que conseguem produzir, no próprio corpo, substâncias orgânicas a partir de substâncias inorgânicas obtidas no meio ambiente.

Nos ecossistemas aquáticos, os produtores estão representados principalmente pelas algas fotossintetizantes, em especial por espécies microscópicas que vivem nas águas mais superficiais. Já nos ecossistemas terrestres, os produtores estão representados principalmente por briófitas, pteridófitas, gimnospermas e, principalmente, angiospermas.

O total de matéria orgânica produzida pelos produtores de um ecossistema por unidade de área e de tempo constitui a chamada **produtividade primária bruta (PB)**. Essa produtividade bruta pode ser expressa, por exemplo, em kg/m²/ano, g/m²/ano, etc. Conhecendo-se o conteúdo energético da matéria produzida, a produtividade pode ser expressa em calorias/m²/ano ou kcal/m²/ano. Parte dessa produtividade bruta é consumida pela respiração celular do próprio produtor.

A **produtividade primária líquida (PL)** é a diferença entre o que foi produzido pelo vegetal através da produtividade bruta e o que foi consumido pelo vegetal através da respiração, durante um mesmo intervalo de tempo.

$$PL = PB - R$$

PL *= Produtividade primária líquida;* ***PB*** *= Produtividade primária bruta;* ***R*** *= Respiração.*

Exemplo:

A produtividade primária bruta de um campo de milho nos Estados Unidos foi avaliada, em 1926, em 8 208 kcal/m²/ano. Sendo a respiração avaliada em 2 045 kcal/m²/ano, podemos dizer que a produtividade líquida desse campo foi de 6 163 kcal/m²/ano, bastando, para isso, aplicar a relação (PL = PB – R).

Consumidores

São seres heterótrofos que, na incapacidade de produzir primariamente a matéria orgânica glicose em seu próprio organismo, procuram obtê-la por meio de outros organismos, através do predatismo, parasitismo, comensalismo, mutualismo, etc. Esses seres podem ser subdivididos em ordens:

A) **Consumidores de 1ª ordem (primários)** – Obtêm alimentos diretamente dos produtores.

B) **Consumidores de 2ª ordem (secundários)** – Obtêm alimentos dos consumidores de 1ª ordem.

C) **Consumidores de 3ª ordem (terciários)** – Obtêm alimentos dos consumidores de 2ª ordem e, assim, sucessivamente.

De acordo com os seus hábitos alimentares, os consumidores também podem ser classificados em:

- **Fitófagos ou herbívoros** – Obtêm alimento apenas de plantas. Conforme alimentam-se, por exemplo, de folhas, raízes, frutos, sementes ou seiva, podem ser subdivididos em: folífagos (nutrem-se apenas de folhas), radicívoros (nutrem-se de raízes), frutífagos (nutrem-se de frutos), etc. São consumidores de 1ª ordem.

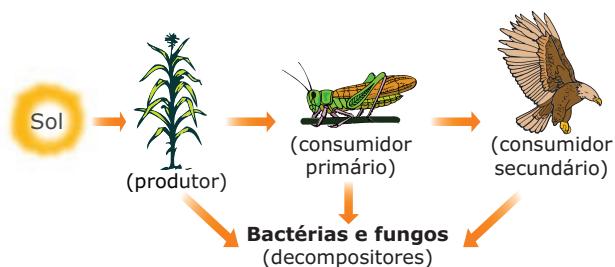
- **Zoófagos** – Obtêm alimentos apenas de animais. Podem ser carnívoros (nutrem-se de carne), hematófagos (nutrem-se de sangue), insetívoros (nutrem-se de insetos), piscívoros ou ictiófagos (nutrem-se de peixes), ornitófagos (nutrem-se de aves), lactífagos (nutrem-se de leite), larvófagos (nutrem-se de larvas), etc. Podem ser consumidores de 2ª, 3ª, 4ª ou mais ordens.
- **Onívoros** (*omni*, "tudo"; *vorare*, "devorar") – Obtêm alimentos tanto de plantas quanto de animais. Assim, podem ser consumidores de quaisquer ordens.

Decompositores (sapróbios, saprófitas)

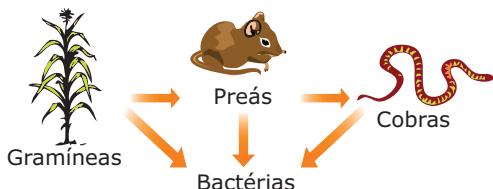
Também são seres heterótrofos que obtêm alimento dos cadáveres e dos restos orgânicos de animais e plantas. Representados em todos os ecossistemas, principalmente, por fungos e bactérias, esses organismos degradam a matéria orgânica, transformando-a em compostos inorgânicos. Utilizam alguns produtos da degradação como alimento e liberam outros para o meio ambiente, os quais serão, então, reutilizados pelos produtores. Essa atividade é chamada de decomposição ou mineralização e é fundamental para a reciclagem da matéria num ecossistema, o que faz dos decompositores as grandes "usinas processadoras de lixo orgânico" do mundo. A ação dos decompositores, portanto, impede que o planeta fique inteiramente recoberto por uma camada orgânica morta, fato que inviabilizaria a existência da vida na Terra. Para alguns autores, os decompositores nada mais são do que consumidores especiais, que se alimentam dos restos de todos os demais componentes do ecossistema. Sua importância está em reciclarem a matéria, tornando-a novamente disponível para os organismos da comunidade.

OBSERVAÇÃO

- Para alguns autores, os termos **detritívoros** e **decompositores** são sinônimos. Outros, entretanto, admitem a seguinte diferença: detritívoros são os animais que se alimentam de matéria orgânica morta, sendo que os seus dejetos ainda contêm matéria orgânica, que é atacada pelos decompositores. De acordo com eles, a minhoca seria um exemplo de animal detritívoro, e os decompositores são organismos, como as bactérias e os fungos, que fazem a transformação da matéria orgânica em inorgânica (minerais) utilizada pelas plantas. Os decompositores agem sobre os dejetos que os detritívoros eliminam e também sobre os cadáveres dos detritívoros.

  Existem ainda autores que consideram como decompositores todos os seres vivos que se alimentam de restos de organismos ou de organismos mortos, classificando-os em três tipos: **necrófagos**, **detritívoros** e **microdecompositores**.

  Para esses autores, necrófagos são os animais que se alimentam de cadáveres, como fazem, por exemplo, os urubus e as hienas; detritívoros são os animais que comem detritos: restos de vegetais que caem das plantas (folhas, flores, frutos), restos de animais (escamas, pelos, penas, carapaças de insetos, ossos) ou ainda excrementos. Geralmente, os invertebrados necrófagos são também detritívoros, como acontece com moscas, besouros, formigas e muitos outros. Necrófagos e detritívoros não consomem todas as substâncias existentes nos organismos mortos ou nos restos dos organismos. O consumo completo e, portanto, o desaparecimento desses restos devem-se à atividade dos microdecompositores, representados por certos fungos e bactérias.

Em todos os ecossistemas, existe uma estreita relação de interdependência entre os produtores, os consumidores e o decompositores. Essa interdependência se manifesta, por exemplo, através da cadeia alimentar.

CADEIA ALIMENTAR

Ao obter alimento, qualquer organismo adquire energia, que utiliza para o desempenho de suas diversas atividades vitais, e matéria, isto é, substâncias e elementos químicos que serão utilizados na construção e na reparação de estruturas do corpo. Assim, é no alimento que os seres vivos obtêm matéria-prima para seu crescimento, desenvolvimento e reparação de perdas, bem como energia para a realização de seus processos vitais. E é através da cadeia alimentar que os seres vivos obtêm o alimento de que tanto necessitam.

Chama-se cadeia alimentar ou cadeia trófica a sequência linear de seres vivos em que um serve de fonte de alimento para o outro. Para ser completa, precisa ter produtores, consumidores e decompositores. As figuras a seguir mostram exemplos de cadeias alimentares.

O fluxo de matéria na cadeia alimentar é cíclico *– Na figura, a matéria passa do capim para o gafanhoto e deste para a ave. A ação dos decompositores a devolve, no estado inorgânico, ao meio ambiente.*

Cada componente da cadeia constitui um nível trófico (nível alimentar). Assim, os produtores formam o 1º nível trófico; os consumidores primários (1ª ordem) constituem o 2º nível trófico; os consumidores secundários (2ª ordem) formam o 3º nível trófico, e assim sucessivamente. Os decompositores podem estar em diversos níveis tróficos (exceto no 1º nível), dependendo da origem dos restos orgânicos que degradam. Veja o exemplo a seguir:

Níveis tróficos *– 1º nível trófico (nível dos produtores) → gramíneas; 2º nível trófico (nível dos consumidores de 1ª ordem) → preás; 3º nível trófico (nível dos consumidores de 2ª ordem) → cobras.*

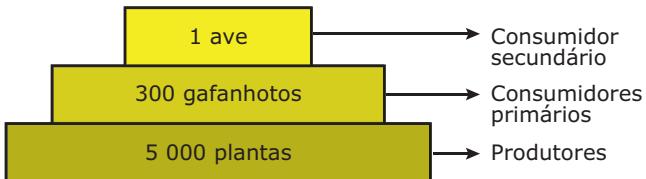
A maioria dos produtores é de organismos fotossintetizantes e, dessa forma, a luz solar se constitui uma fonte de energia indispensável para a manutenção dos diversos ecossistemas. Entretanto, por mais eficientes que sejam, os produtores só conseguem utilizar uma pequena parte da energia luminosa do Sol que chega à superfície da Terra. Calcula-se, aproximadamente, que apenas 47% da energia solar que atinge a nossa atmosfera chega à superfície. Entretanto, parte dessa energia é refletida e parte é absorvida e transformada em calor, que é utilizado na evaporação da água e no aquecimento da superfície, tendo um papel importante na determinação do clima e dos processos atmosféricos. Estima-se que apenas uma pequena parcela (de 1 a 2%) da luz solar que alcança a superfície terrestre seja utilizada na realização da fotossíntese.

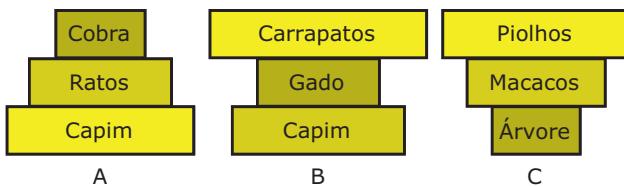
Os produtores fotossintetizantes atuam como conversores de energia: transformam a energia luminosa que absorvem em energia química. Esta fica armazenada nas moléculas orgânicas (carboidratos) fabricadas através da fotossíntese. A energia química é a modalidade de energia utilizada pelas células dos organismos produtores, consumidores e decompositores do ecossistema. É através da cadeia alimentar que parte dessa energia fixada pelos produtores é transferida aos níveis tróficos seguintes.

À medida que é transferida de um nível trófico para outro, a quantidade de energia disponível diminui, uma vez que boa parte da energia obtida por um organismo através da alimentação é gasta na manutenção de suas atividades vitais. Alguns autores consideram que, de modo geral e aproximado, cada elo da cadeia alimentar recebe apenas 10% da energia que o elo anterior recebeu.

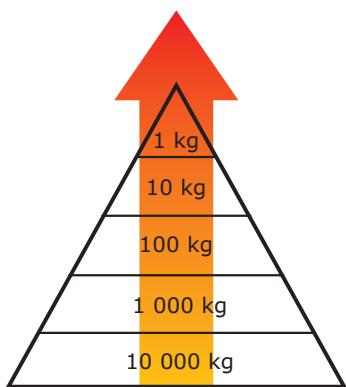
O fato de haver essa redução da disponibilidade de energia na passagem de um nível trófico para outro faz com que as cadeias alimentares não sejam muito longas, raramente tendo mais que quatro ou cinco níveis tróficos. Quanto mais curta for a cadeia alimentar, maior será a quantidade de energia disponível para os níveis tróficos. Quanto mais distante dos produtores estiver um determinado nível trófico de consumidores, menor será a quantidade de energia útil recebida. A energia, portanto, apresenta um fluxo unidirecional e decrescente ao longo da cadeia alimentar.

O fluxo de energia entre os componentes de uma cadeia alimentar num ecossistema pode ser representado através de uma pirâmide, a pirâmide de energia.

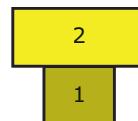
A pirâmide de energia indica a quantidade de energia acumulada em cada nível trófico da cadeia alimentar e a disponibilidade de energia para o nível seguinte. Essa pirâmide nunca pode ser invertida e mostra claramente o princípio da perda de energia em cada nível trófico da cadeia.

Pirâmide de energia num ecossistema de floresta temperada *– Para cada 1 500 kcal fornecidas pela vegetação (produtores), apenas 150 kcal são efetivamente transferidas e assimiladas pelos consumidores de primeira ordem. Da mesma forma, para cada 150 kcal disponíveis desses consumidores para os de segunda ordem, só 15 kcal serão aproveitadas. O aproveitamento é cerca de um décimo da energia disponível no grupo trófico anterior.*

Um dos inconvenientes das pirâmides de energia é que nelas não há lugar adequado para os decompositores, que são uma parcela importante do ecossistema. Além disso, muita matéria orgânica em um ecossistema pode não ser utilizada nem decomposta, ficando armazenada. As pirâmides de energia não mostram claramente a parte da energia que é armazenada.

Além da pirâmide de energia, podemos representar as cadeias alimentares através das pirâmides de número e biomassa.

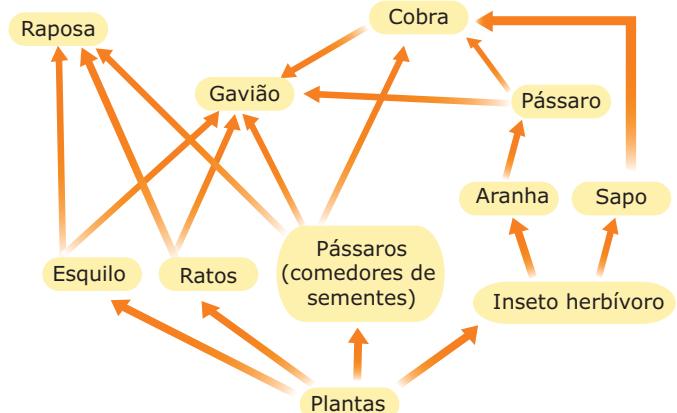
A pirâmide de números indica a quantidade de indivíduos presentes em cada nível trófico da cadeia alimentar. Veja o exemplo a seguir:

Pirâmide de números *– No exemplo anterior, 5 000 plantas (produtores) existentes num determinado meio são necessárias para alimentar 300 gafanhotos (consumidores primários), que, por sua vez, servirão de alimento a apenas uma ave (consumidor secundário).*

A pirâmide de números pode ou não ser invertida. Veja os exemplos a seguir:

Pirâmides de números *–* ***A.*** *Pirâmide na qual o número de indivíduos decresce do primeiro ao último nível trófico da cadeia.* ***B.*** *Pirâmide mostrando um número acentuado de carrapatos em relação ao de gado, como geralmente sucede na interação parasita-hospedeiro.* ***C.*** *Pirâmide com vértice voltado para baixo; caracteriza os casos em que o produtor, apresentando grande porte, ocorre em número relativamente pequeno no ecossistema.*

Uma pirâmide de números tem o inconveniente de nivelar os organismos sem levar em conta seu tamanho e sem representar adequadamente a quantidade de matéria orgânica existente nos diversos níveis.

A pirâmide de biomassa (pirâmides das massas) representa graficamente a biomassa, ou seja, a massa de matéria orgânica dos organismos em cada nível trófico. Veja o exemplo a seguir:

A pirâmide de massa ou biomassa *– Repare que, nesse caso, considera-se não o número de indivíduos em cada nível trófico, mas sim a biomassa transferível de um nível trófico a outro. São necessários 10 000 kg de algas para suprir a alimentação de 1 000 kg de microcrustáceos; 1 000 kg de microcrustáceos satisfazem às necessidades de 100 kg de peixes pequenos, e assim sucessivamente. Cada nível exige uma biomassa 10 vezes maior no nível anterior porque apenas 10% da energia são transferíveis de um nível a outro.*

O inconveniente da pirâmide de biomassa é que ela não leva em conta o fator tempo, mas apenas representa a massa biológica num dado instante, não acusando, portanto, a velocidade com que a matéria orgânica é produzida.

Quase sempre a massa dos produtores é maior que a de consumidores. Às vezes, no entanto, a pirâmide de biomassa pode apresentar-se invertida. É o que acontece, por exemplo, nos ecossistemas marinhos, em que a biomassa dos produtores, representados pelo fitoplâncton, apresenta-se menor que a dos consumidores primários, representados pelo zooplâncton.

1. Fitoplâncton*;* ***2. Zooplâncton*** *– Nesse exemplo, no momento da medição, a biomassa dos produtores (fitoplâncton) é menor do que a de consumidores primários (zooplâncton). Inicialmente, isso pode parecer estranho, porém, se lembrarmos que a taxa de reprodução (potencial biótico) do fitoplâncton é muito mais elevada do que a do zooplâncton e que a velocidade de consumo do fitoplâncton pelo zooplâncton é grande, fica fácil compreender como uma biomassa aparentemente menor de produtores pode sustentar uma biomassa grande de consumidores primários. Isso acontece exatamente pelo fato de não se levar em consideração o fator tempo na construção de uma pirâmide de biomassa. Fica claro que, se a produtividade (que leva o tempo em consideração) tivesse sido medida, e não a biomassa, a pirâmide do exemplo seria bem mais larga na base. A inversão da pirâmide aparece porque a medição da biomassa é relativa apenas àquele momento e não considera a taxa de renovação da matéria orgânica (a velocidade de reprodução do fitoplâncton é maior que a do zooplâncton, o que permite a sua rápida renovação).*

TEIA ALIMENTAR

Nos diversos ecossistemas, diferentes cadeias alimentares acabam se entrelaçando, resultando numa teia ou rede alimentar. A teia alimentar, portanto, é um conjunto de diversas cadeias alimentares entrelaçadas. Veja o exemplo a seguir:

Teia alimentar *– Numa teia alimentar, a matéria das plantas (produtores) pode seguir diferentes caminhos. Por exemplo, as plantas podem ser fonte de alimento para o esquilo que, por sua vez, pode servir de alimento para o gavião; ou podem ser consumidas por um inseto herbívoro que, por sua vez, serve de alimento para a aranha. A aranha serve de alimento para o pássaro que, por sua vez, é alimento da cobra e esta, por sua vez, serve de alimento para o gavião.*

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFMG) Considere o seguinte fluxo de energia nos seres vivos:

A alternativa que indica o tipo de nutrição dos indivíduos B, C e D, respectivamente, é

A) herbívoro, herbívoro, onívoro.

B) onívoro, herbívoro, carnívoro.

C) herbívoro, onívoro, carnívoro.

D) herbívoro, onívoro, herbívoro.

E) saprófita, carnívoro, herbívoro.

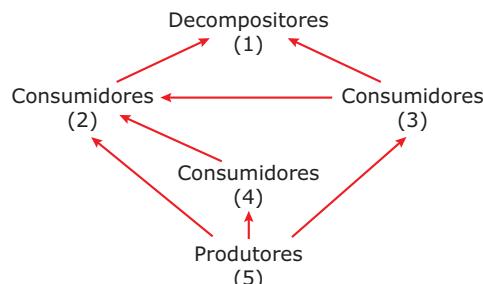
02. (Cesgranrio) O girino vive na água e, após a metamorfose, passa a viver em terra firme; quando adulto, oculta-se durante o dia, em lugares sombrios e úmidos para proteger-se de predadores e evitar a dessecação. Ao entardecer, abandona seu refúgio à procura de alimento. Como o acasalamento se realiza na água, vive próximo a rios e lagoas. Essa descrição do modo de vida do sapo representa o seu

A) hábitat.

B) nicho ecológico.

C) bioma.

D) ecossistema.

E) biótopo.

03. (Cesgranrio) Em uma cadeia trófica, a energia química armazenada nos compostos orgânicos dos seus produtores é transferida para os demais componentes da cadeia. A experiência comprova que essa energia, ao passar de um nível trófico para outro,

A) aumenta rapidamente.

B) diminui gradativamente.

C) é toda consumida.

D) permanece inalterada.

E) aumenta lentamente.

04. (PUC Minas) Os biociclos que abrangem, respectivamente, os meios terrestre e marinho são denominados

A) talassociclo e limnociclo.

B) limnociclo e talassociclo.

C) epinociclo e talassociclo.

D) epinociclo e limnociclo.

E) talassociclo e epinociclo.

05. (PUC Minas) Consideremos a teia ecológica a seguir:

Assinale a alternativa que contém os componentes da teia ecológica anterior que, se retirados, ainda permitirão a continuidade do ciclo ecológico.

A) 3 e 5

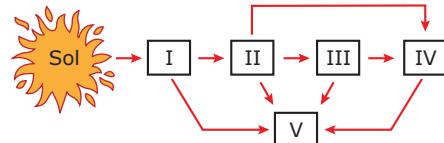
B) 4 e 1

C) 3 e 4

D) 5 e 2

E) 2 e 1

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG) O equilíbrio biológico de uma comunidade depende da proporção existente entre produtores, consumidores e predadores.

Considerando que sejam eles assim representados:

I. Produtores

II. Herbívoros

III. Carnívoros

e que haja relacionamento entre eles, podemos considerar que,

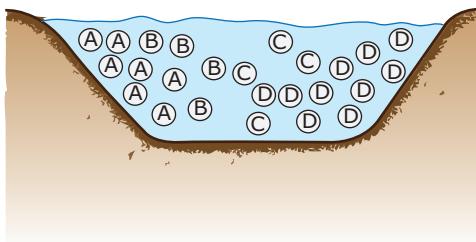
A) se I e II aumentarem, III diminuirá.

B) se III aumentar, I e II diminuirão.

C) se II diminuir, I aumentará e III diminuirá.

D) se I diminuir, II e III aumentarão.

E) se III aumentar, I e II aumentarão.

02. (UFMG)

Esquema do fluxo de matéria e energia entre seres vivos indicados por I, II, III, IV e V, em um ecossistema.

Qual a alternativa **ERRADA**?

A) I, III e V são, respectivamente, produtor, consumidor e decompositor.

B) Se II é um vertebrado, IV tanto pode ser um vertebrado quanto um invertebrado.

C) A relação ecológica entre II e IV tanto pode ser a de predação quanto a de parasitismo.

D) V não tem cloroplastos e I tem clorofila.

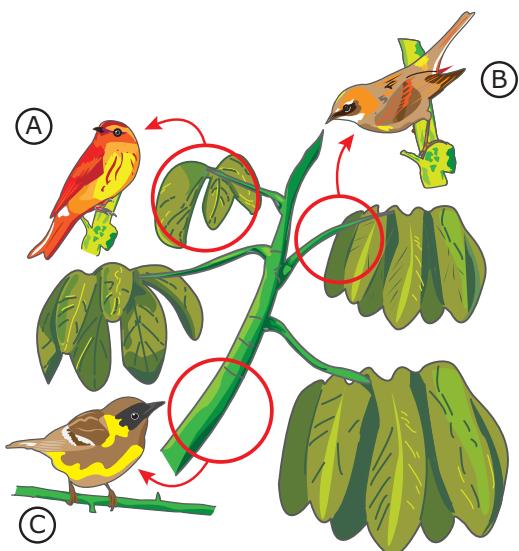
E) Se I é autótrofo, V tanto pode ser autótrofo quanto heterótrofo.

03. (UFMG) A lagoa a seguir representa um ecossistema completo. As diversas espécies que ocorrem nesse ecossistema estão representadas, cada uma por uma letra diferente.

É **ERRADO** dizer que

A) A e C pertencem a populações diferentes.
B) A e D pertencem à mesma comunidade.
C) sabendo que A é um produtor e que B e C são consumidores, então D deverá ser um decompositor.
D) pode ocorrer competição entre os diversos indivíduos de B.
E) A e B podem estabelecer uma relação de sociedade.

04. (PUC Minas) Leia atentamente as afirmativas a seguir:

I. O Sol é a fonte primária de energia para a biosfera.
II. O fluxo de energia em um ecossistema é unidirecional.
III. Quanto maior o número de níveis tróficos em uma cadeia ecológica, maior será a quantidade de energia disponível no último nível trófico.

Assinale,

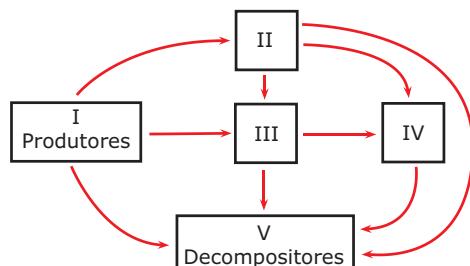
A) se apenas as afirmativas I e II são verdadeiras.
B) se apenas as afirmativas I e III são verdadeiras.
C) se apenas as afirmativas II e III são verdadeiras.
D) se as afirmativas I, II e III são verdadeiras.
E) se apenas a afirmativa II é verdadeira.

05. (PUC RS) O aproveitamento das algas pelo ser humano torna-se cada vez mais acentuado. Em certos países, como o Japão, as algas são muito utilizadas na alimentação do homem, que, nesse caso, comporta-se como

A) produtor.
B) consumidor terciário.
C) consumidor primário.
D) decompositor.
E) consumidor quaternário.

06. (PUC Minas) Numa mesma espécie, mosquitos com hábitos fitófagos e mosquitos com hábitos hematófagos, em relação à alimentação, apresentam

A) protocooperação.
B) hábitats diferentes.
C) nichos diferentes.
D) níveis tróficos iguais.
E) competição interespecífica.

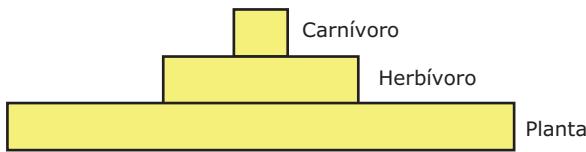
07. (PUC Rio–2010) Os pássaros a seguir são espécies diferentes que coexistem na mesma floresta. Cada um deles se alimenta de insetos de espécies diversas que vivem em diferentes locais da mesma árvore.

COX, C. Barry; MOORE, Peter D. *Biogeography*. London: Blackwell Science, 1993.

Isso é **POSSÍVEL** porque

A) apresentam protocooperação.
B) competem entre si.
C) ocupam nichos ecológicos diferentes.
D) ocupam diferentes hábitats.
E) apresentam parasitismo.

08. (CESCEM-SP) No esquema que se segue, os únicos organismos carnívoros estritos que ocupam dois níveis tróficos são os representados pelo número

A) I.
B) III.
C) V.
D) II.
E) IV.

09. (PUC Minas) Observe o esquema a seguir:

Analisando o esquema, é **CORRETO** afirmar que

A) onças e rãs são competidores.

B) pacas e onças são carnívoros.

C) pássaros apresentam dois níveis tróficos diferentes.

D) há mais representantes heterótrofos que autótrofos.

E) cobra pode ser consumidora de 3ª, 4ª e 5ª ordens.

10. (Unicamp-SP) A produtividade primária em um ecossistema pode ser avaliada de várias formas. Nos oceanos, um dos métodos para medir a produtividade primária utiliza garrafas transparentes e garrafas escuras, totalmente preenchidas com água do mar, fechadas e mantidas em ambiente iluminado. Após um tempo de incubação, mede-se o volume de oxigênio dissolvido na água das garrafas. Os valores obtidos são relacionados à fotossíntese e à respiração.

A) Por que o volume de oxigênio é utilizado na avaliação da produtividade primária?

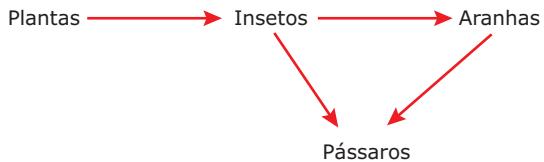
B) **EXPLIQUE** por que é necessário realizar testes com os dois tipos de garrafas.

C) Quais são os organismos presentes na água do mar responsáveis pela produtividade primária?

11. (FUVEST-SP) Tendo em vista o conceito de cadeia alimentar, em qual dos casos haverá menor perda da energia armazenada na soja: quando uma população humana come soja ou quando ela come carne de porco alimentado com soja? **EXPLIQUE** sua resposta.

12. (FUVEST-SP) O diagrama a seguir é uma pirâmide de energia.

A) O que representa a largura de cada nível do diagrama?

B) Por que a largura de um nível não pode ser maior que a do nível acima dele?

13. (FUVEST-SP) A tabela a seguir mostra medidas, em massa seca por metro quadrado (g/m²), dos componentes de diversos níveis tróficos em um dado ecossistema.

Níveis tróficos	Massa seca (g/m²)
Produtores	809
Consumidores primários	37
Consumidores secundários	11
Consumidores terciários	1,5

A) Por que se usa a massa seca por unidade de área (g/m²) e não a massa fresca para comparar os organismos encontrados nos diversos níveis tróficos?

B) **EXPLIQUE** por que a massa seca diminui progressivamente em cada nível trófico.

C) Nesse ecossistema, **IDENTIFIQUE** os níveis tróficos ocupados por cobras, gafanhotos, musgos e sapos.

14. (PUC-SP) Analise a teia alimentar a seguir:

Suponha, nessa comunidade, a introdução de uma espécie que se alimente de pássaros.

A) A que nível trófico pertencerá essa nova espécie?

B) Com a introdução dessa nova espécie na comunidade, o que poderá ocorrer com as populações de insetos e aranhas?

15. (UDESC–2011) Analise as proposições a seguir, a respeito da energia nos ecossistemas.

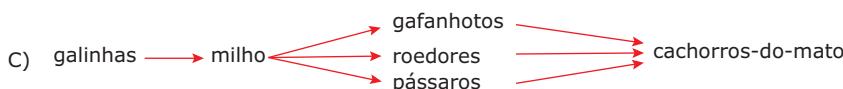
I. Organismos fotossintetizantes (como algas e plantas) são capazes de capturar a energia luminosa do Sol e convertê-la em energia química, que fica armazenada nas moléculas das substâncias orgânicas. Este processo é chamado de fotossíntese.

II. Em uma cadeia alimentar, a quantidade de energia de um nível trófico é sempre maior que a energia que pode ser transferida ao nível seguinte, uma vez que todos os seres vivos consomem parte da energia do alimento para a manutenção de sua própria vida.

III. A transferência de energia na cadeia alimentar é unidirecional; tem início nos organismos produtores, passa para os consumidores e finaliza com os organismos decompositores.

IV. Os consumidores primários obtêm a energia necessária à sua sobrevivência alimentando-se diretamente dos organismos fotossintetizantes.

V. Os organismos decompositores obtêm a energia necessária à sua sobrevivência através da decomposição da matéria orgânica morta.

Assinale a alternativa **CORRETA**.

A) Somente as afirmativas I, IV e V são verdadeiras.

B) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.

C) Somente as afirmativas II, III e V são verdadeiras.

D) Somente as afirmativas I, II e V são verdadeiras.

E) Todas as afirmativas são verdadeiras.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–1999) Um agricultor, que possui uma plantação de milho e uma criação de galinhas, passou a ter sérios problemas com os cachorros-do-mato que atacavam sua criação. O agricultor, ajudado pelos vizinhos, exterminou os cachorros-do-mato da região. Passado pouco tempo, houve um grande aumento no número de pássaros e roedores, que passaram a atacar as lavouras. Nova campanha de extermínio e, logo depois da destruição dos pássaros e roedores, uma grande praga de gafanhotos destruiu totalmente a plantação de milho e as galinhas ficaram sem alimento.

Analisando o caso descrito, podemos perceber que houve desequilíbrio na teia alimentar representada por

02. (Enem–2008) Um estudo recente feito no Pantanal dá uma boa ideia de como o equilíbrio entre as espécies, na natureza, é um verdadeiro quebra-cabeça. As peças do quebra-cabeça são o tucano-toco, a arara-azul e o manduvi. O tucano-toco é o único pássaro que consegue abrir o fruto e engolir a semente do manduvi, sendo, assim, o principal dispersor de suas sementes. O manduvi, por sua vez, é uma das poucas árvores onde as araras-azuis fazem seus ninhos. Até aqui, tudo parece bem encaixado, mas... é justamente o tucano-toco o maior predador de ovos de arara-azul — mais da metade dos ovos das araras são predados pelos tucanos. Então, ficamos na seguinte encruzilhada: se não há tucanos-toco, os manduvis se extinguem, pois não há dispersão de suas sementes e não surgem novos manduvinhos, e isso afeta as araras-azuis, que não têm onde fazer seus ninhos. Se, por outro lado, há muitos tucanos-toco, eles dispersam as sementes dos manduvis, e as araras-azuis têm muito lugar para fazer seus ninhos, mas seus ovos são muito predados.

Disponível em: <http://oglobo.globo.com> (Adaptação).

De acordo com a situação descrita,

A) o manduvi depende diretamente tanto do tucano-toco como da arara-azul para sua sobrevivência.

B) o tucano-toco, depois de engolir sementes de manduvi, digere-as e torna-as inviáveis.

C) a conservação da arara-azul exige a redução da população de manduvis e o aumento da população de tucanos-toco.

D) a conservação das araras-azuis depende também da conservação dos tucanos-toco, apesar de estes serem predadores daquelas.

E) a derrubada de manduvis em decorrência do desmatamento diminui a disponibilidade de locais para os tucanos fazerem seus ninhos.

03. (Enem–2005) Há quatro séculos alguns animais domésticos foram introduzidos na Ilha da Trindade como "reserva de alimento".

Porcos e cabras soltos davam boa carne aos navegantes de passagem, cansados de tanto peixe no cardápio. Entretanto, as cabras consumiram toda a vegetação rasteira e ainda comeram a casca dos arbustos sobreviventes. Os porcos revolveram raízes e a terra na busca de semente. Depois de consumir todo o verde, de volta ao estado selvagem, os porcos passaram a devorar qualquer coisa: ovos de tartarugas, de aves marinhas, caranguejos e até cabritos pequenos.

Com base nos fatos anteriores, pode-se afirmar que

A) a introdução desses animais domésticos trouxe, com o passar dos anos, o equilíbrio ecológico.

B) o ecossistema da Ilha da Trindade foi alterado, pois não houve uma interação equilibrada entre os seres vivos.

C) a principal alteração do ecossistema foi a presença dos homens, pois animais nunca geram desequilíbrios no ecossistema.

D) o desequilíbrio só apareceu quando os porcos começaram a comer os cabritos pequenos.

E) o aumento da biodiversidade, a longo prazo, foi favorecido pela introdução de mais dois tipos de animais na ilha.

GABARITO

Fixação

01. C
02. B
03. B
04. C
05. C

Propostos

01. C
02. E
03. E
04. A
05. C
06. C
07. C
08. E
09. D
10. A) O oxigênio liberado na fotossíntese serve como parâmetro para se medir a produção de matéria orgânica pelo fitoplâncton.

    B) Na garrafa iluminada, ocorre fotossíntese, com produção de matéria orgânica e oxigênio. A garrafa escura funciona como controle do experimento, pois, nessa situação, não há fotossíntese. Comparando-se o teor de oxigênio nas duas garrafas, tem-se a medida da taxa de fotossíntese.

    C) Algas microscópicas do fitoplâncton

11. A perda de energia será menor quando a população for alimentada com soja. Há uma perda de energia quando se passa de um nível trófico para o seguinte. Quando a energia é transferida da soja ao porco, grande parte da mesma é perdida, restando menos energia ao homem que irá comer essa carne. Quanto menor o número de elos de uma cadeia alimentar, maior será a quantidade de energia disponível no final.

12. A) A quantidade de energia presente em cada nível trófico.

    B) Porque apenas parte da energia é incorporada à biomassa dos organismos; boa parte dela é usada na respiração, e sai da cadeia na forma de calor.

13. A) Porque se quer comparar a quantidade de matéria orgânica em cada nível trófico, o que exclui a água.

    B) Porque parte da massa é utilizada para a obtenção de energia (parte dela é "transformada" em energia).

    C) Musgos: 1º nível trófico (nível dos produtores); gafanhotos: 2º nível trófico (nível dos consumidores primários); sapos: 3º nível trófico (nível dos consumidores secundários); cobras: 4º nível trófico (nível dos consumidores terciários).

14. A) Ao nível de consumidor terciário (4º nível trófico) ou de consumidor quaternário (5º nível trófico).

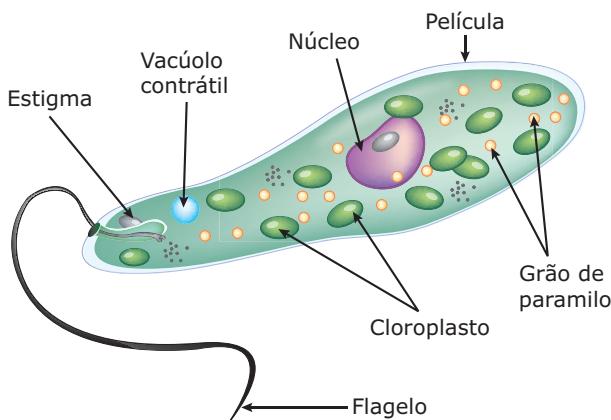
    B) Poderão aumentar, pois a nova espécie eliminará certo número de pássaros que se alimentam de insetos e aranhas.

15. E

Seção Enem

01. B
02. D
03. B

BIOLOGIA

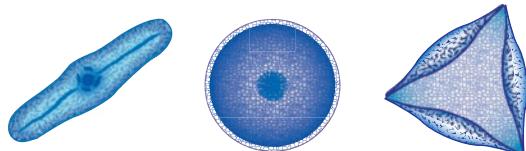
MÓDULO 17 | FRENTE D

Algas

Ficologia é o estudo das algas, um grupo bastante diversificado de organismos, no qual existem espécies unicelulares e pluricelulares, subdivididas em diversos grupos.

Muitos autores incluem todos os grupos de algas no reino Protista, enquanto outros consideram apenas as algas unicelulares como sendo protistas, preferindo classificar as demais no reino Plantae.

Vejamos, então, os principais grupos de algas.

DIVISÃO EUGLENOPHYTA

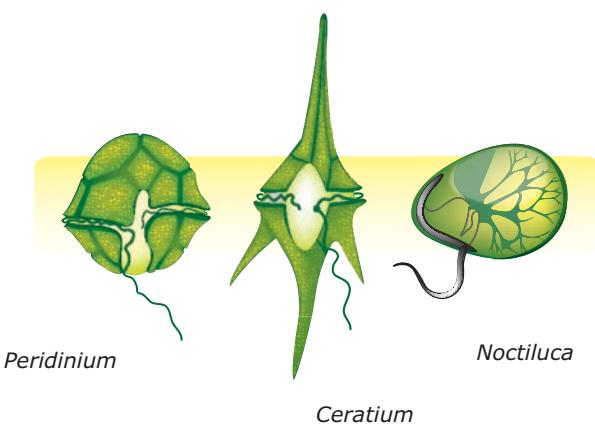
As euglenófitas, euglenofíceas ou euglenoides são algas unicelulares, eucariontes, aeróbias, de vida livre, encontradas principalmente na água doce, fazendo parte do fitoplâncton (seres planctônicos). A *Euglena viridis* é a principal representante desse grupo.

Euglena viridis *– A célula da* Euglena *é alongada (cerca de 0,1 mm de comprimento), não possui parede celular, sendo revestida apenas por uma membrana celular flexível, denominada película, rica em fibrilas proteicas contráteis. O citoplasma é rico em cloroplastos e possui vacúolo contrátil, (pulsátil) que, periodicamente, elimina o excesso de água que entra na célula, por osmose. Apresenta, também, uma estrutura avermelhada, denominada estigma ou mancha ocelar, de função fotorreceptora. Através dessa estrutura, a* Euglena *pode perceber variações de intensidade luminosa no meio em que se encontra e ter reações de fototactismo (deslocamento orientado segundo o estímulo luminoso). Assim, a alga pode locomover-se no sentido do estímulo luminoso (fototactismo positivo) ou no sentido contrário a ele (fototactismo negativo). Essa locomoção é feita através de flagelo.*

Com relação à nutrição, as euglenófitas são organismos mixotróficos, isto é, são capazes de realizar a nutrição autotrófica e a nutrição heterotrófica. Em ambientes iluminados, produzem o seu próprio alimento através da fotossíntese (nutrição autotrófica), armazenando o seu alimento como paramilo (polissacarídeo). Entretanto, quando em ambientes desprovidos de luz, passam a ingerir partículas de alimento por fagocitose (nutrição heterotrófica).

A reprodução das euglenófitas é assexuada por cissiparidade longitudinal.

DIVISÃO CHRYSOPHYTA

As crisófitas, crisofíceas ou "algas douradas" são seres unicelulares, eucariontes, aeróbios, autótrofos, que podem viver isolados ou associados, formando colônias, tanto na água doce quanto na água salgada, fazendo parte do fitoplâncton. As diatomáceas são as principais representantes desse grupo.

Tipos morfológicos distintos de diatomáceas *– As diatomáceas possuem morfologia variada. Suas células possuem uma parede celular rígida impregnada de dióxido de silício (sílica), formada por duas partes ou valvas, denominadas frústulas ou carapaças, que se encaixam uma na outra. A parte maior é chamada epiteca, e a menor, hipoteca. Através do espaço existente entre essas duas partes, a água pode ser expelida, o que promove o lento deslocamento da célula. Não há flagelos.*

As frústulas das diatomáceas que morrem sedimentam-se no fundo dos mares, originando, com o passar do tempo, um tipo especial de rocha sedimentar, leve, porosa e microgranulada, denominada diatomito ou "terra de diatomácea". Essa rocha é explorada comercialmente, sendo utilizada na fabricação de filtros de piscinas, abrasivos (polidores), creme dental e até na construção de casas. Em certas regiões do Nordeste brasileiro, por exemplo, o diatomito é cortado em blocos (tijolos) e usado na construção de modestas habitações.

OBSERVAÇÃO

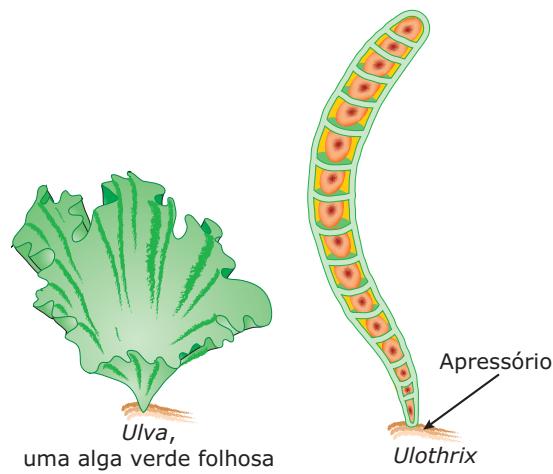
Alguns autores preferem classificar as diatomáceas como pertencentes a outro filo de algas: filo (divisão) Bacillariophyta. Para eles, as diatomáceas diferem das crisófitas pela ausência de flagelos, excetuando-se em alguns gametas masculinos, e pela parede celular peculiar, dividida em duas metades.

DIVISÃO PYRROPHYTA (DINOPHYTA)

As pirrófitas, pirrofíceas ou "algas de fogo" são seres unicelulares, eucariontes, autótrofos, aeróbios, de vida livre, predominantemente marinhos e planctônicos. Os principais representantes desse grupo são os dinoflagelados.

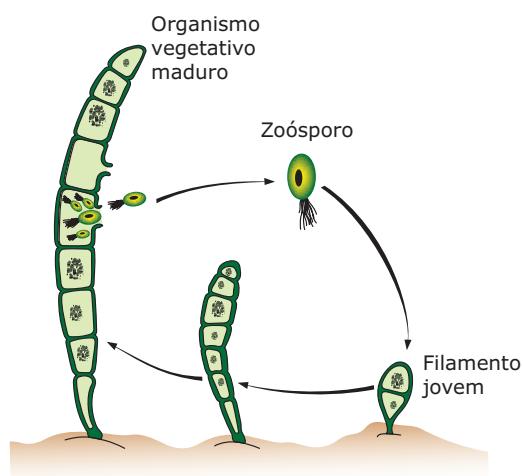
Dinoflagelados marinhos – *Possuem morfologia variada e podem ter ou não parede celular. Em alguns, a parede celular é constituída por placas espessas de celulose, formando uma espécie de armadura denominada lórica. Geralmente, têm dois flagelos que emergem de um mesmo ponto da célula, mas que se dispõem de modo diferente: um deles circunda a célula como uma cinta, e o outro fica distendido. O batimento desses dois flagelos faz com que as células se desloquem, girando como se fossem piões (em rodopios), vindo daí o nome dinoflagelados (*dino *= rotação).*

A reprodução se faz assexuadamente, por divisão binária.

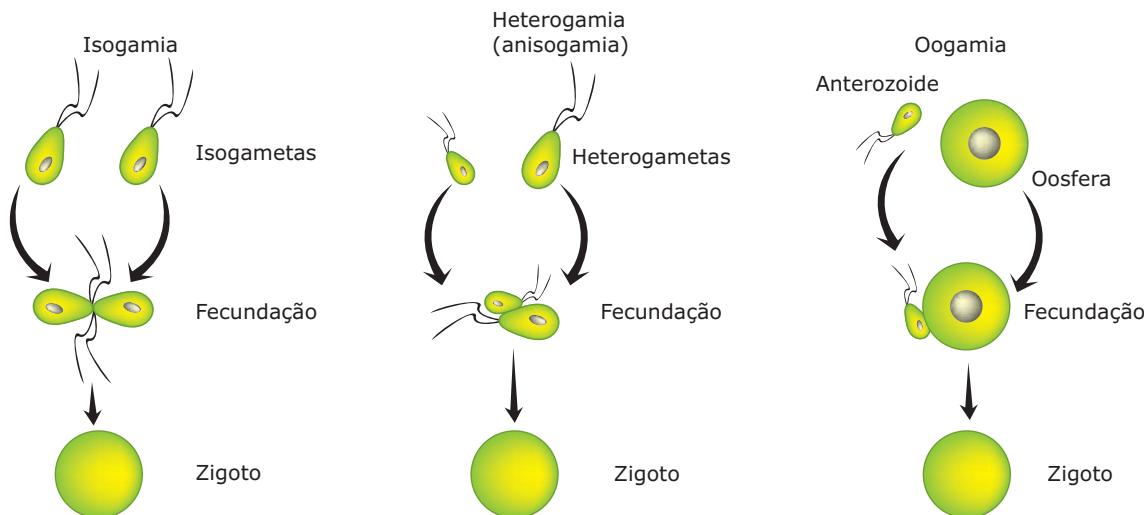
Algumas espécies de pirrófitas, como as do gênero *Noctiluca*, são bioluminescentes, produzindo um brilho claro sobre as ondas do mar durante a noite. Outras, como as do gênero *Gonyaulax*, são responsáveis pelo fenômeno das "marés vermelhas".

DIVISÃO CHLOROPHYTA

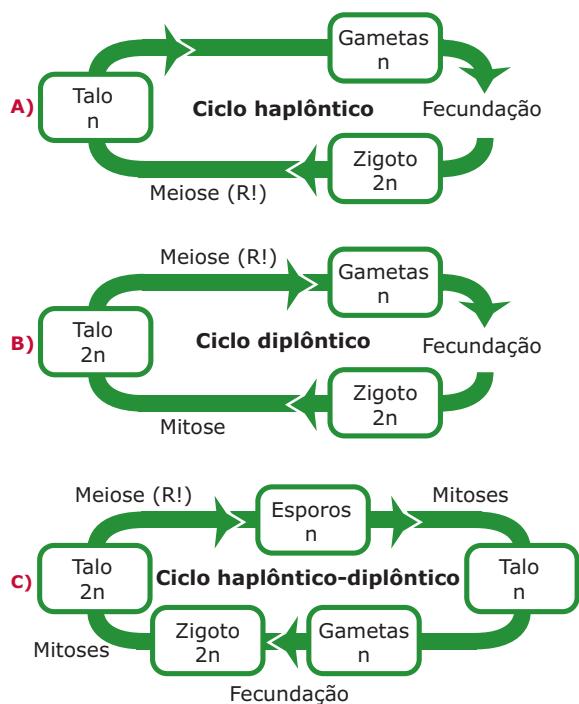
As clorófitas, clorofíceas ou "algas verdes" constituem o grupo mais numeroso de algas, sendo encontradas predominantemente no ambiente aquático. Algumas podem ser encontradas no ambiente terrestre, associadas a fungos, formando os liquens.

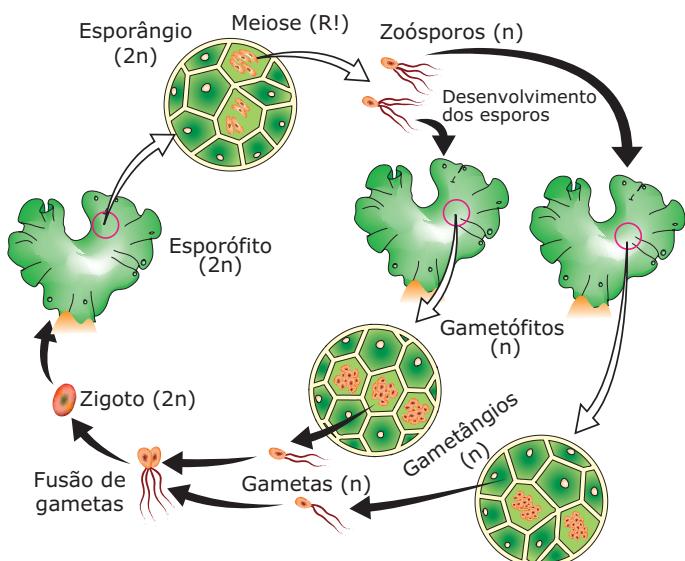
Podem ser uni ou pluricelulares. Entre as espécies unicelulares, a maioria tem dimensões microscópicas e pertence ao fitoplâncton, existindo, entretanto, espécies unicelulares macroscópicas, como é o caso da *Acetabulária*.

Acetabulária – *É uma clorofícea marinha, unicelular e macroscópica. Cada "chapéu" e respectivo pedúnculo é uma única e grande célula que chega a ter até 10 cm de comprimento.*

Clorófitas pluricelulares – *As clorófitas pluricelulares são exemplos de talófitas, isto é, não possuem órgãos (raízes, caule e folhas) diferenciados. Algumas são folhosas ou membranosas, como a* Ulva*; outras, como a* Ulothrix*, são filamentosas.*

As células das clorófitas possuem parede celular constituída por celulose e, no citoplasma, todas se caracterizam pela abundância de clorofila. Possuem clorofilas **a** e **b**, as mesmas encontradas nos vegetais superiores, as quais predominam sobre os outros pigmentos, como a xantofila (pigmento amarelo) e os carotenos (pigmentos alaranjados), o que explica a coloração verde que manifestam.

Realizam intensa atividade de fotossíntese. As que vivem no mar, notadamente as do fitoplâncton, são responsáveis pela produção e renovação da maior parte do oxigênio atmosférico. Além disso, desempenham importante papel ecológico, posicionando-se como produtoras no início das cadeias alimentares.

A reprodução das clorófitas pode ser assexuada ou sexuada, sendo que, em algumas espécies, ocorre metagênese (alternância de gerações assexuada e sexuada).

A reprodução assexuada pode ser realizada por cissiparidade (divisão binária, bipartição) ou por esporulação (através da formação de esporos).

Reprodução assexuada por esporulação em* Ulothrix*, alga verde pluricelular filamentosa *– Observe que em determinada célula do filamento, por mitose, ocorre a zoosporia, isto é, formação de zoósporos (esporos móveis, flagelados). Esses esporos abandonam o filamento, nadam até encontrar um substrato, onde se fixam, e, por sucessivas mitoses, originam um novo filamento de alga, ou seja, um novo indivíduo.*

A reprodução sexuada pode ser feita através de fecundação, isto é, envolve a participação de gametas. Os gametas masculinos são denominados anterozoides, e os femininos, oosferas. Na fecundação das algas, dependendo da espécie, pode existir isogamia, heterogamia ou oogamia.

Isogamia *– Os dois gametas envolvidos (masculino e feminino) são idênticos quanto à forma, o tamanho e o comportamento (ambos são móveis).* ***Heterogamia*** *– Os dois gametas envolvidos são parcialmente diferentes: às vezes, têm a mesma forma e o mesmo tamanho, porém um é móvel (gameta masculino), e o outro, imóvel (gameta feminino); outras vezes, ambos são móveis, têm a mesma forma, mas um é bem menor do que o outro (o gameta menor é o masculino, enquanto o maior é o feminino).* ***Oogamia*** *– Os dois gametas envolvidos são totalmente diferentes: um é pequeno e móvel (microgameta, anterozoide ou gameta masculino), e o outro é grande e imóvel (macrogameta, oosfera ou gameta feminino).*

As clorófitas que se reproduzem formando gametas podem apresentar os três tipos de ciclos reprodutivos: **haplôntico**, **diplôntico** e **haplôntico-diplôntico**. Veja os esquemas a seguir:

Nas espécies que têm o ciclo haplôntico-diplôntico, ocorre o fenômeno da metagênese, isto é, alternância de reprodução assexuada (através de esporos) e sexuada (através da fecundação). Veja o exemplo a seguir:

Ciclo haplodiplobiôntico da* Ulva *("alface-do-mar"), alga verde pluricelular – *Células do indivíduo diploide (2n) sofrem meiose, formando zoósporos (esporos móveis) haploides (n). Cada zoósporo, encontrando condições favoráveis, desenvolve-se por mitoses sucessivas, formando um indivíduo haploide (n). Células dos indivíduos haploides sofrem mitose, formando gametas (n). Dois gametas, originários de indivíduos diferentes, se juntam (fecundação), dando origem ao zigoto (2n). O zigoto, encontrando condições favoráveis, desenvolve-se por mitoses sucessivas, formando um novo indivíduo diploide (2n). Nesse ciclo, o indivíduo diploide, por ser formador de esporos, é chamado de esporófito, enquanto o indivíduo haploide, formador de gametas, é o gametófito.*

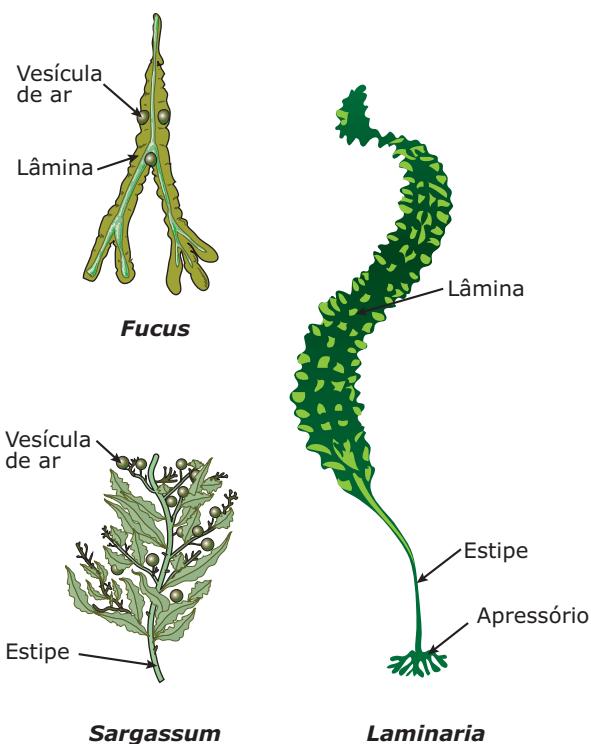
DIVISÃO RHODOPHYTA

As rodófitas, rodofíceas ou "algas vermelhas" são pluricelulares e predominantemente marinhas, existindo poucas espécies de água doce. Suas células possuem parede celular constituída por celulose associada a outras substâncias, como carragina e ágar.

O carragin (carragina) é um polissacarídeo que apresenta, em sua composição, sais de sódio, potássio, cálcio e magnésio, sendo utilizado como estabilizador na fabricação de doces e sorvetes.

O ágar (ágar-ágar) é um polissacarídeo muito utilizado no preparo de meios de cultura para bactérias e fungos e também na fabricação de gelatinas, balas e outros alimentos.

Suas células possuem clorofilas **a** e **d**, caroteno (pigmento alaranjado), ficoeritrina (pigmento vermelho), ficocianina (pigmento azul) e armazenam amido, conhecido por amido das florídeas. As algas vermelhas também são conhecidas por "flores do mar" ou "florídeas".

A reprodução se faz preferencialmente por metagênese, isto é, alternância de gerações assexuada e sexuada. A reprodução assexuada envolve a formação de aplanósporos (esporos imóveis), que são transportados pela água, e a sexuada realiza-se por fecundação oogâmica (oogamia).

Também pertence ao gurpo das algas vermelhas o gênero *Porphyra*, alga foliácea e membranosa, popularmente conhecida por nori, muito utilizada na alimentação humana, especialmente pelos povos orientais.

DIVISÃO PHAEOPHYTA

As feófitas, feofíceas ou "algas pardas" são pluricelulares, macroscópicas e, principalmente, marinhas. São as algas que atingem as maiores dimensões. Algumas, como as do gênero *Sargassum*, possuem talos filamentosos que chegam a atingir mais de 50 metros de comprimento.

Suas células possuem parede celular formada por celulose e algina, uma substância péctica muito utilizada, na indústria de doces e sorvetes, como estabilizador.

Possuem clorofilas **a** e **c**, caroteno e fucoxantina (pigmento de cor parda), que conferem a essas algas coloração marrom-esverdeada. No Mar dos Sargaços (entre Bahamas e Açores), por exemplo, a cor marrom-esverdeada das águas deve-se à abundância, na região, de feófitas do gênero *Sargassum*.

Feófitas *– Podem apresentar elementos de fixação, denominados apressórios, e vesículas cheias de ar para a flutuação.*

A reprodução se faz com alternância de gerações (metagênese) com a produção de zoósporos (esporos móveis). Além de atuarem como produtores nas cadeias alimentares, as feófitas têm outras utilidades. Por exemplo: na China e no Japão, é extraída uma geleia de certas feofíceas, a qual é consumida na alimentação humana. Na Europa, as feófitas do gênero *Fucus* servem de forragem (alimentação) para o gado. Nos EUA, as do gênero *Sargassum*, por serem ricas em sais de potássio, sódio e iodo, são utilizadas como fertilizantes (adubos para o solo).

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (Mackenzie-SP)

I. Todas elas têm capacidade de realizar a fotossíntese.

II. Em muitas delas, há alternância de gerações, ou seja, em seu ciclo de vida, alternam-se gerações de indivíduos haploides e diploides.

III. A maioria delas apresenta o amido como substância de reserva.

Entre as afirmações anteriores, relativas às algas, assinale:

A) Se somente I estiver correta.

B) Se somente II estiver correta.

C) Se somente I e II estiverem corretas.

D) Se somente I e III estiverem corretas.

E) Se todas estiverem corretas.

02. (UFPI) Atualmente, biólogos da área de sistemática e evolução dos seres vivos incluem as algas como pertencentes ao reino Protista, e não ao reino Vegetal, como tradicionalmente se conhece devido à sua aparência com as plantas. A explicação para se classificar as algas como protistas e não como vegetais está no fato da

A) presença de células com parede celulósica.

B) ausência de envoltório nuclear em suas células.

C) ausência de tecidos e órgãos bem diferenciados.

D) presença de clorofila como pigmento fotossintetizante.

E) ausência de organelas celulares.

03. (UFPA) No reino Protista, o principal representante do filo Euglenophyta é a *Euglena*, organismo microscópico encontrado principalmente na água doce. Nesses organismos,

A) a reprodução se faz por divisão binária transversal.

B) o estigma é o corpúsculo que orienta a *Euglena* em direção à fonte luminosa.

C) a locomoção se deve à presença de numerosos cílios que recobrem a célula.

D) as contrações celulares são devidas ao vacúolo contrátil.

E) a membrana ondulante funciona como órgão auxiliar na locomoção.

04. (PUC-SP) **NÃO** é característico das algas verdes

A) alimento armazenado como gordura.

B) núcleo individualizado.

C) clorofila presente em cloroplastos distintos.

D) membrana de celulose.

E) flagelo.

05. (UNEB-BA) Considere as seguintes afirmações sobre a importância das algas:

I. Como produtoras, sustentam a maior parte da vida dos ecossistemas aquáticos.

II. São utilizadas, desde tempos remotos, na culinária oriental.

III. Estão presentes, como componentes, em alimentos industrializados e cosméticos.

Pode-se considerar que

A) somente a afirmação I está correta.

B) somente a afirmação II está correta.

C) somente a afirmação III está correta.

D) somente as afirmações I e III estão corretas.

E) as afirmações I, II e III estão corretas.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (OSEC-SP) Algas quase todas marinhas, pluricelulares, apresentando, além da clorofila **a**, fucoxantina como pigmento fotossintetizante, são as

A) rodofíceas.
B) feofíceas.
C) crisofíceas.
D) cianofíceas.
E) clorofíceas.

02. (FEI-SP) O fenômeno conhecido por "maré vermelha", em que, geralmente, ocorre uma mortandade de peixes, de gaivotas e de outros animais, é causado por catabólitos tóxicos eliminados na água por uma superpopulação de

A) algas clorofíceas.
B) algas cianofíceas.
C) algas feofíceas.
D) algas pirrófitas dinoflageladas.
E) conchas vermelhas.

03. (UFU-MG) Relacione as colunas, numerando os parênteses conforme a numeração a seguir:

1. Crisofíceas
2. Pirrófitas
3. Rodófitas
4. Clorófitas
5. Feófitas

( ) Fonte de alimentos em países orientais.
( ) Têm relevante papel no equilíbrio ecológico de ambientes de água doce.
( ) Podem provocar as marés vermelhas.
( ) Usadas na fabricação de filtros e abrasivos.
( ) Pode-se delas extrair o ágar, empregado nas indústrias farmacêutica e alimentícia.

A sequência obtida, de cima para baixo, é

A) 5, 4, 2, 1, 3.
B) 5, 4, 3, 1, 2.
C) 4, 1, 3, 2, 5.
D) 1, 5, 2, 3, 4.
E) 1, 4, 3, 5, 2.

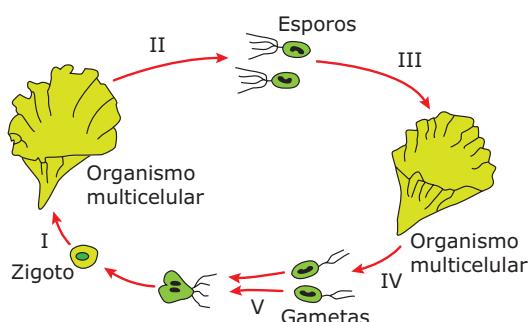
04. (VUNESP) Em relação às algas, pode-se afirmar que

A) são exclusivamente aquáticas, podendo viver em água doce ou salgada.
B) entre as rodofíceas existem espécies fixadoras de nitrogênio.
C) as feofíceas são, em sua grande maioria, unicelulares, embora existam formas coloniais e filamentosas.
D) as clorofíceas caracterizam-se por possuir pigmentos como a clorofila.
E) as conhecidas diatomáceas constituem um grupo de importância econômica por produzirem grandes quantidades de hidrocoloides.

05. (UFMG) Todas as alternativas indicam atividades em que as algas são utilizadas como matéria-prima, **EXCETO**

A) na alimentação como fonte de proteínas.
B) na fabricação de cosméticos.
C) na produção de meios de cultura biológicos.
D) na produção de tintas e medicamentos.
E) na reciclagem de lixo doméstico.

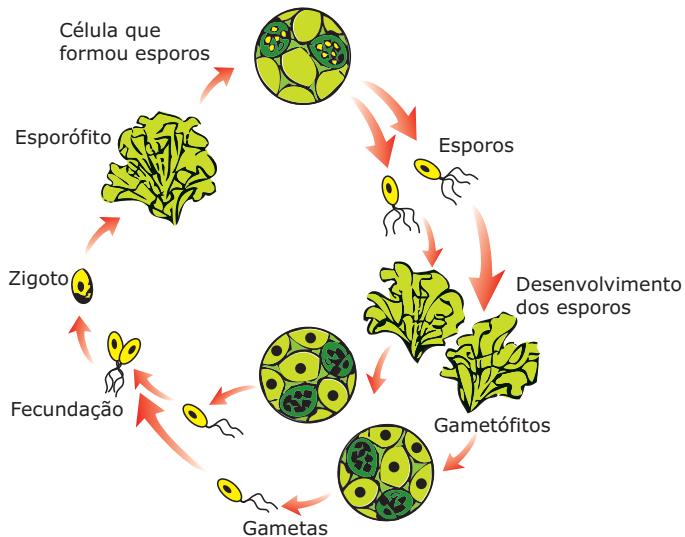
06. (VUNESP)

Maré vermelha deixa litoral em alerta

Uma mancha escura formada por um fenômeno conhecido como "maré vermelha" cobriu ontem uma parte do canal de São Sebastião [...] e pode provocar a morte em massa de peixes. A Secretaria de Meio Ambiente de São Sebastião entrou em estado de alerta. O risco para o homem está no consumo de ostras e moluscos contaminados.

JORNAL VALE PARAIBANO, 01 fev. 2003.

A maré vermelha é causada por

A) proliferação de algas macroscópicas do grupo das rodófitas, tóxicas para consumo pelo homem ou pela fauna marinha.
B) proliferação de bactérias que apresentam em seu hialoplasma o pigmento vermelho ficoeritrina. As toxinas produzidas por essas bactérias afetam a fauna circunvizinha.
C) crescimento de fungos sobre material orgânico em suspensão, material este proveniente de esgotos lançados ao mar nas regiões das grandes cidades litorâneas.
D) proliferação de liquens, que são associações entre algas unicelulares componentes do fitoplâncton e fungos. O termo maré vermelha decorre da produção de pigmentos pelas algas marinhas associadas ao fungo.
E) explosão populacional de algas unicelulares do grupo das pirrófitas, componentes do fitoplâncton. A liberação de toxinas afeta a fauna circunvizinha.

07. (FUVEST-SP) O esquema a seguir representa o ciclo de vida da alga *Ulva*.

Indique a etapa do ciclo em que ocorre a meiose.

A) I
B) II
C) III
D) IV
E) V

08. (UFPE–2006 / Adaptado) As algas podem viver fixas, sobre rochas submersas, ou livres, tanto no fundo das águas quanto flutuando. Com relação às algas, é **INCORRETO** afirmar:

A) A *Ulva* (alface-do-mar) ocorre no litoral brasileiro, aderida às rochas; são algas verdes pertencentes ao filo Chlorophyta.

B) De algas vermelhas (Rhodophyta) podem ser extraídas substâncias utilizáveis em culinária e no preparo de meios de cultura.

C) As algas pardas (Phaeophyta), como o *Sargassum,* além da fucoxantina, podem apresentar outros pigmentos.

D) A alternância de gerações é observada em algas verdes, vermelhas e pardas.

E) As diatomáceas são algas rodofíceas, das quais se extrai o ágar. Elas compõem os bentos marinhos.

09. (Mackenzie-SP) O esquema a seguir representa o ciclo de vida alternante de uma alga.

Sabendo que o gameta possui 13 cromossomos, então os números de cromossomos do zigoto, do esporófito, do esporo e do gametófito são, respectivamente,

A) 26, 26, 13 e 26.

B) 26, 13, 13 e 13.

C) 13, 13, 13 e 26.

D) 26, 26, 13 e 13.

E) 13, 26, 26 e 13.

10. (UFJF-MG) As maiores algas em extensão corporal se classificam em

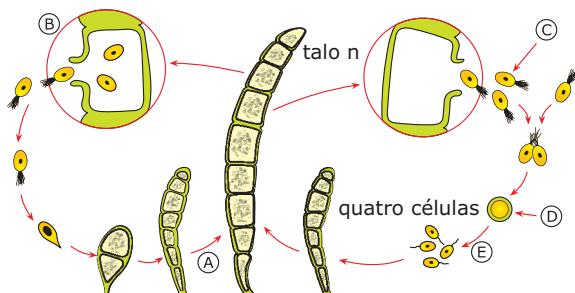
A) clorófitas.

B) cianófitas.

C) crisófitas.

D) feófitas.

E) pirrófitas.

11. (Mackenzie-SP) Certas algas, além de contribuírem na importante função fotossintética e na manutenção da cadeia alimentar aquática, são usadas em filtração, como abrasivos, como material isolante, etc. Em certas regiões do Nordeste brasileiro, são cortados blocos ou tijolos de diatomito usados na construção de habitações rurais. Essas particularidades referem-se à alga

A) verde.

B) dourada.

C) parda.

D) vermelha.

E) azul.

12. (FUVEST-SP) Em populações de algas verdes de uma certa espécie, verificou-se, pela análise citológica, que alguns indivíduos apresentavam sessenta cromossomos, e outros, apenas trinta. É possível, através dessa informação, saber seu ciclo de vida e onde ocorre a meiose. Por quê?

13. (Unicamp-SP) O esquema a seguir mostra o processo de reprodução da alga filamentosa *Ulothrix* sp.

A) Que tipo de ciclo de vida essa alga apresenta?

B) Considerando o esquema, **IDENTIFIQUE**, através das letras,

1. um gameta e um esporo.
2. as estruturas haploides e as diploides.
3. onde ocorre a meiose.

14. (UFC–2007) **PREENCHA** as lacunas do texto a seguir.

O *sushi* é um prato típico da culinária japonesa e, no seu preparo, certas espécies de _______________ são usadas, como é o caso da *nori (Porphyra).* Por ser rico em __________, esse organismo auxilia no combate a uma doença carencial, denominada escorbuto. Esse organismo é constituído por células que possuem, envolvendo a membrana plasmática, uma ______________________, formada por uma camada mais interna e rígida de _______________, e outra mais externa, mucilaginosa, composta dos polissacarídeos ágar e carrageano (ou carragenina). Entre as características consideradas importantes para a classificação desses organismos, incluem-se os diferentes tipos de _______________.

SEÇÃO ENEM

01. As algas são usadas pelo ser humano como alimento há muito tempo, principalmente pelos povos orientais. Na alimentação humana, as algas mais usadas são: *Laminaria*, alga parda conhecida no Japão como *Kombu*, e *Porphyra*, alga vermelha chamada de *nori*, ambas excelentes fontes de vitaminas e sais minerais.

As tabelas a seguir comparam os teores de algumas vitaminas e sais minerais de algas e outros alimentos considerados ricos nessas substâncias.

Tabela 1: Teor de vitaminas A, B_{12} e C em duas algas marinhas, no tomate e no espinafre (em cada 100 mg)

Alimentos	A (UI)	B_{12}(mg)	C (mg)
Nori (*Porphyra*)	38 4000	1,04	20
Kabu (*Laminaria*)	430	0,27	11
Espinafre	2 600	0,18	100
Tomate	200	0,11	20

Tabela 2: Teor de cálcio, ferro e iodo em algas e em alimentos ricos nesses sais mineirais (em cada 100 mg)

Alimentos	Cálcio	Ferro	Iodo
Nori (*Porphyra*)	470	23	0,5
Kabu (*Laminaria*)	800	15	193-471
Outros alimentos ricos em sais mineirais	Gergelim: 1 100 Leite: 100	Gergelim: 16 Espinafre: 3,3	Moluscos: 0,29 Peixe: 0,07

Fonte: LOPES, S. *BIO 2*.
São Paulo: Saraiva, 2008, p. 144.

Com base nos dados das tabelas, é correto dizer que as algas *Nori* e *Kombu*

A) são mais ricas em vitaminas C do que o espinafre.
B) são mais ricas em iodo do que os moluscos e peixes.
C) são mais pobres em vitamina B_{12} do que o tomate.
D) são mais pobres em cálcio do que o leite.
E) possuem os mesmos teores de ferro do gergelim.

02.

Algas que têm aparecido nas praias não oferecem riscos aos banhistas

O Instituto Estadual do Ambiente, por meio da Gerência de Qualidade Ambiental, tem constatado, com frequência, o aparecimento de grande quantidade de fragmentos de algas nas praias, sobretudo nas localizadas próximas de costões rochosos. Entre as espécies, foram identificadas a alga *Heterosiphonia crisella* (da Divisão Rhodophyta) e a alga *Ulva fasciata* (da Divisão Chlorophyta), típicas do litoral carioca e que comumente se desprendem das pedras durante o verão. O fato, no entanto, não altera as condições de baneabilidade das praias e, portanto, não configura risco à saúde.

JORNAL DO BRASIL, 20 fev. 2011 (Adaptação).

A *Heterosiphonia crisella*, mencionada no texto, é um bom exemplo de alga

A) vermelha.
B) verde.
C) dourada.
D) parda.
E) azul.

GABARITO

Fixação

01. E   02. C   03. B   04. A   05. E

Propostos

01. B
02. D
03. A
04. D
05. E
06. E
07. B
08. E
09. D
10. D
11. B
12. Porque apenas no ciclo haplôntico-diplôntico (diplobionte) existem indivíduos haploides (n) e indivíduos diploides (2n), e, nesse tipo de ciclo, a meiose ocorre no indivíduo diploide que, no exemplo em questão, é o que possui 60 cromossomos por célula.
13. A) Ciclo haplôntico (haplobionte haplonte).
    B) 1. Gameta = C
       Esporo = B
    2. Estruturas haploides = A, B e C
       Estruturas diploides = D
    3. Ocorrência da meiose = E
14. ALGAS do gênero *Porphyra* são utilizadas na alimentação humana. Possuem alto teor de VITAMINA C, importante no combate ao escorbuto. As algas possuem PAREDE CELULAR, que envolve a membrana plasmática.Essa parede é constituída de CELULOSE, camada mais interna e rígida, e dos polissacarídeos ágar e carrageano.A presença de diferentes PIGMENTOS / SUBSTÂNCIAS DE RESERVA é uma importante característica para a classificação das algas. (As palavras em caixa alta completam, nessa ordem, as lacunas da questão)

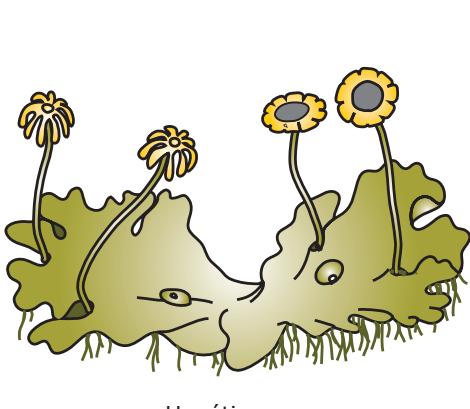
Seção Enem

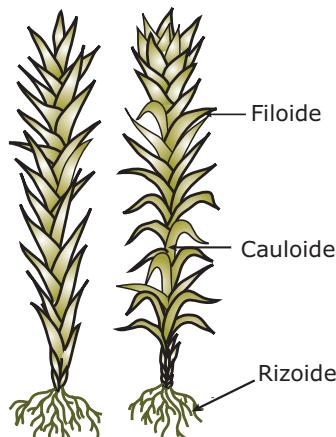
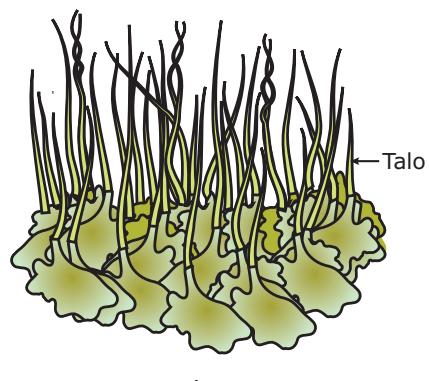
01. B   02. A

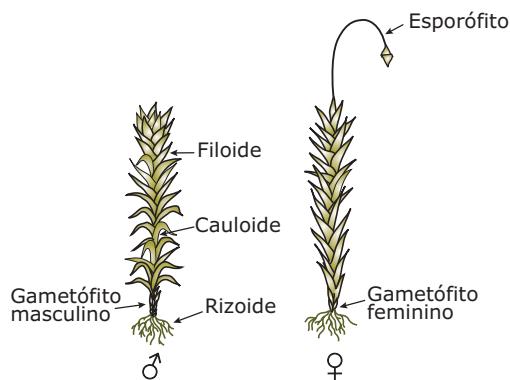
BIOLOGIA

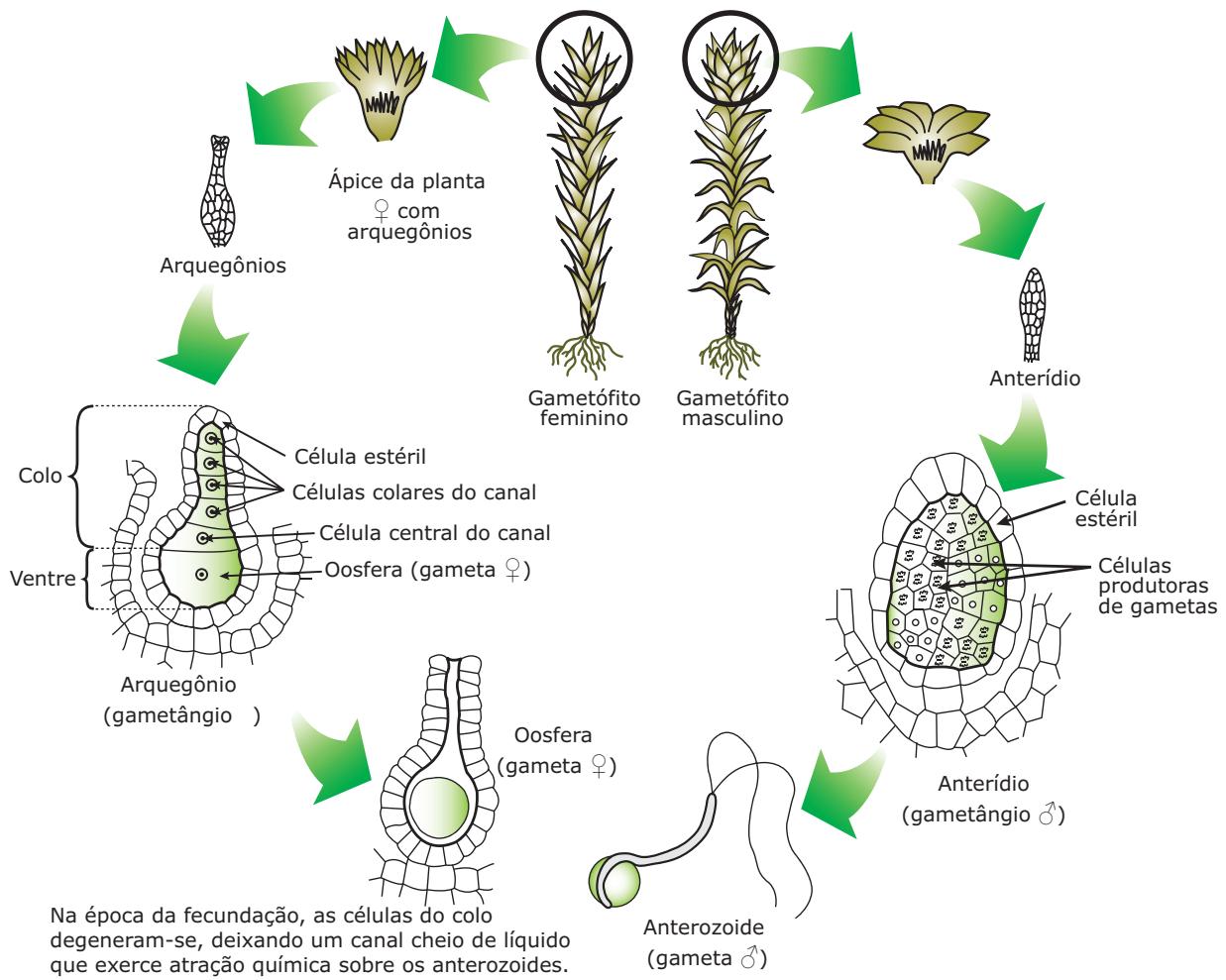
Briófitas e pteridófitas

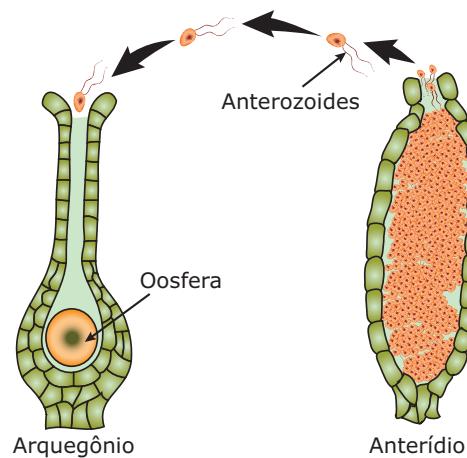
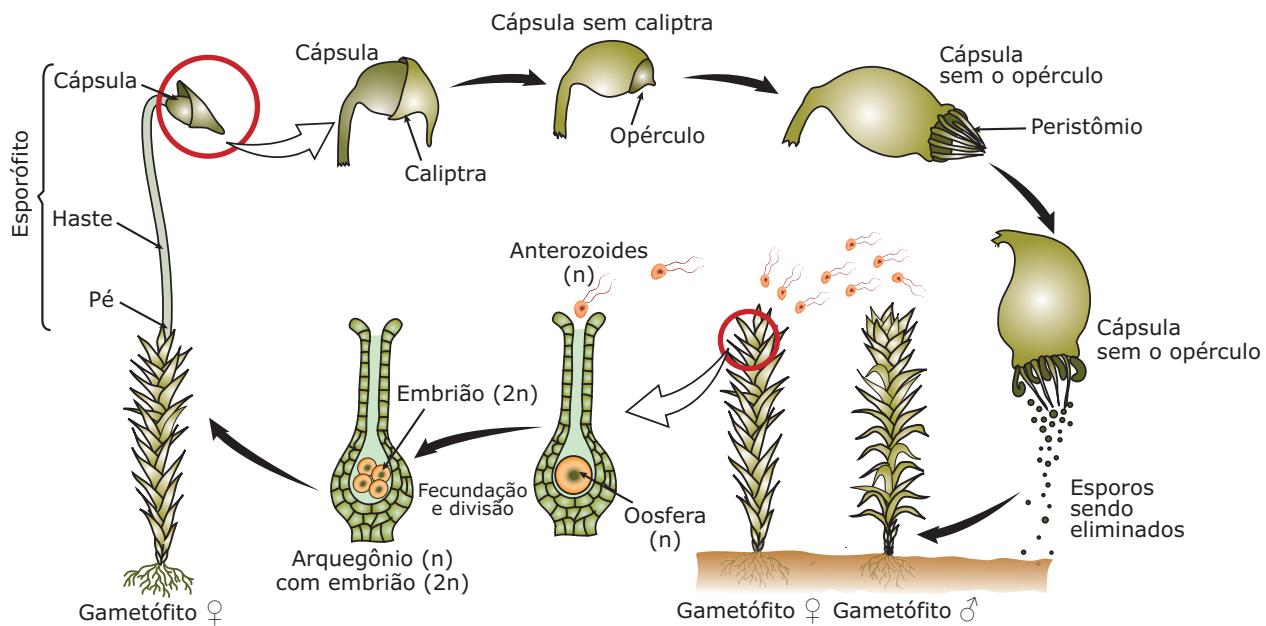
MÓDULO 18 FRENTE D

BRIÓFITAS

Características gerais

As briófitas (*bryo*, musgo; *phyton*, planta) são plantas tipicamente terrestres que evoluíram das algas verdes.

São seres pluricelulares, eucariontes, autótrofos fotossintetizantes, aeróbios, criptógamos (*cripto*, escondido; *gamae*, gametas), isto é, suas estruturas produtoras de gametas, os gametângios, não são aparentes ou são pouco visíveis. Não formam flores e nem sementes. São atraqueófitas (avasculares), isto é, não apresentam tecidos ou vasos condutores de seiva. Nas briófitas, o transporte de substância é feito por difusão de célula a célula. Esse transporte é lento e, por isso, determinante do pequeno porte que essas plantas atingem no ambiente terrestre. Caso fossem de estatura maior, as células mais distantes do solo, que é o local de onde são retirados os nutrientes, morreriam antes de recebê-los. Em geral, possuem apenas alguns milímetros, sendo que as de maior porte raramente ultrapassam os 20 cm de comprimento.

Em sua maioria, são espécies terrestres que vivem, preferencialmente, em ambientes úmidos e sombreados, uma vez que são muito suscetíveis à dessecação. Nas matas tropicais, as briófitas são muito abundantes, formando uma cobertura densa, que lembra um aveludado tapete verde sobre pedras, troncos das árvores, barrancos e solos úmidos. Algumas espécies são aquáticas e dulcícolas, sendo encontradas submersas ou flutuando sobre as águas. Não existem espécies marinhas.

Diversidade de briófitas – *As briófitas mais primitivas, como as hepáticas e os antóceros, são ainda muito semelhantes às algas, tendo o corpo formado por um talo, sem órgãos diferenciados, isto é, sem raízes, caule e folhas diferenciados; as mais evoluídas, como os musgos, já possuem estruturas diferenciadas rudimentares, denominadas rizoides, cauloides e filoides, que desempenham funções semelhantes às das raízes, do caule e das folhas verdadeiros.*

OBSERVAÇÃO

- Alguns autores utilizam para as briófitas os termos rizoides, caule e folhas; outros, entretanto, preferem os termos rizoides, cauloide e filoides, em função da ausência de tecidos vasculares (vasos condutores de seiva) nessas estruturas.

Reprodução

A reprodução das briófitas normalmente se faz por metagênese, isto é, alternância de gerações sexuada e assexuada. Vejamos, como exemplo, o ciclo de reprodução de um musgo.

Nos musgos, a geração gametofítica (gametófito) é a mais desenvolvida e é autótrofa, enquanto a geração esporofítica (esporófito) é reduzida, heterótrofa e vive sobre o gametófito feminino, dependendo dele para a própria nutrição.

Ao contrário das algas, nas briófitas, os gametângios (órgãos formadores de gametas, presentes nos gametófitos) apresentam uma camada de células estéreis, protetoras, revestindo as células que produzem os gametas. Esse revestimento é mais uma adaptação das plantas ao meio terrestre. Os gametângios masculinos, denominados anterídios, localizam-se no ápice do gametófito masculino. Nos anterídios, por mitose, são produzidos os anterozoides (gametas masculinos). Os anterozoides das briófitas são biflagelados e dependem de um meio líquido para sua locomoção. Esse é mais um fator que limita o desenvolvimento dessas plantas em ambientes úmidos. Os gametângios femininos, denominados arquegônios, localizam-se no ápice dos gametófitos femininos. No interior de cada arquegônio, existe apenas uma oosfera (gameta feminino), que é imóvel.

Ápice da planta ♀ com arquegônios

Arquegônios

Gametófito feminino

Gametófito masculino

Anterídio

Colo

Ventre

Célula estéril

Células colares do canal

Célula central do canal

Oosfera (gameta ♀)

Arquegônio (gametângio)

Célula estéril

Células produtoras de gametas

Anterídio (gametângio ♂)

Oosfera (gameta ♀)

Anterozoide (gameta ♂)

Na época da fecundação, as células do colo degeneram-se, deixando um canal cheio de líquido que exerce atração química sobre os anterozoides.

Para ocorrer a fecundação, o anterozoide (gameta masculino) sai do anterídio (gametângio masculino) e, nadando, chega ao arquegônio (gametângio feminino), onde encontra a oosfera (gameta feminino).

A fim de exemplificar o ciclo de vida de uma briófita, veremos o ciclo de vida de um musgo pertencente ao gênero *Polytrichum*, comumente encontrado sobre barrancos. Nesse gênero, os gametófitos são dioicos, isto é, possuem sexos separados. Assim, existem gametófitos masculinos e gametófitos femininos. Veja o esquema a seguir:

Ciclo de vida de um musgo *– Os gametófitos são haploides (n) e, em seus gametângios, por mitose, são formados os gametas (n). A fecundação ocorre por ocasião de chuvas ou garoas, cujas gotas d'água, ao atingirem o ápice do gametófito masculino, fazem com que os anterozoides (gametas masculinos) sejam lançados, juntamente com borrifos de água, para fora da planta. Se esses anterozoides caírem no ápice de um gametófito feminino, onde já existe água acumulada, nadam em direção à oosfera, localizada no arquegônio (gametângio feminino), atraídos, provavelmente, pelo líquido que se forma no canal do arquegônio. O anterozoide, atingindo a oosfera, fecunda-a, originando um zigoto (2n). O zigoto desenvolve-se no interior do arquegônio e, portanto, no ápice do gametófito feminino. Do desenvolvimento desse zigoto forma-se um embrião (2n), que dará origem ao esporófito (2n). Dessa forma, o esporófito desenvolve-se no ápice do gametófito feminino. Esse esporófito é formado por um pé (porção basal), por uma haste longa e delicada e por uma cápsula, no interior da qual, por meiose, são formados os esporos (n). Essa cápsula, então, é o esporângio (local do esporófito onde são formados os esporos) dos musgos. Revestindo externamente essa cápsula, existe um capuz, denominado caliptra, constituído por células haploides, originárias dos tecidos haploides do arquegônio que permanece sobre a cápsula. Ao cair, a caliptra expõe o ápice da cápsula, onde existe o opérculo. Este, ao cair, expõe a abertura da cápsula, que apresenta uma estrutura denominada peristômio. O peristômio é um anel de segmentos dentiformes, situados ao redor da abertura da cápsula, os quais auxiliam na expulsão dos esporos. Os esporos, ao caírem em um substrato favorável, germinarão, por mitose, dando origem a um conjunto de filamentos denominado protonema, constituído por células haploides (n). A partir do protonema, por mitose, originam-se novos gametófitos.*

As turfeiras

No grupo das briófitas, encontramos os esfagnos, musgos do gênero *Sphagnum*, que funcionam como verdadeiras esponjas, já que têm grande capacidade de absorver e reter água. Além de produzirem substâncias bactericidas e fungicidas, as águas onde normalmente essas plantas crescem são bastante ácidas, o que dificulta a decomposição. Assim, com o passar do tempo, as plantas mortas originam camadas escuras que vão se compactando, formando os depósitos de turfa, as turfeiras.

As turfeiras, portanto, são formadas por matéria vegetal parcialmente decomposta, encontradas em terrenos alagadiços (charcos, pântanos) e que podem formar camadas de vários metros de espessura e quilômetros de extensão. Em muitas regiões da Alemanha, da Inglaterra e da Escandinávia, existem grandes depósitos de turfas.

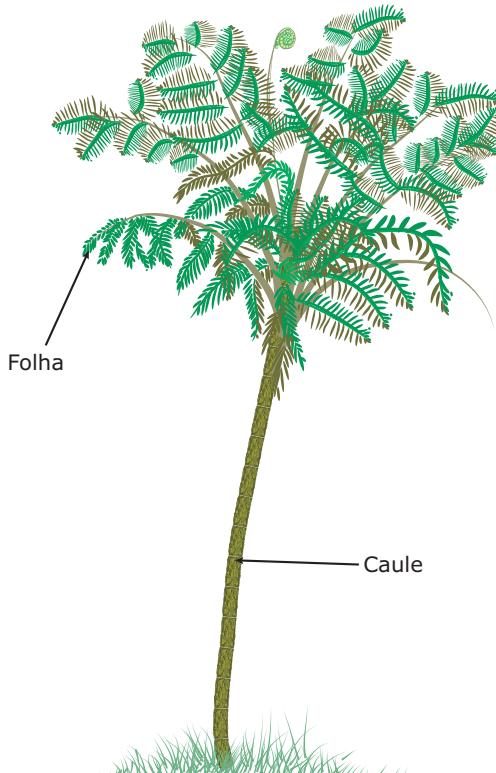
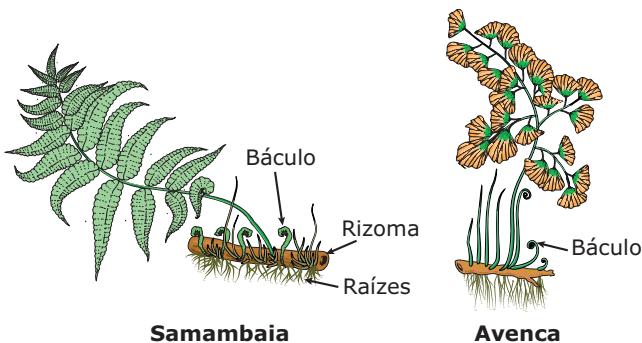
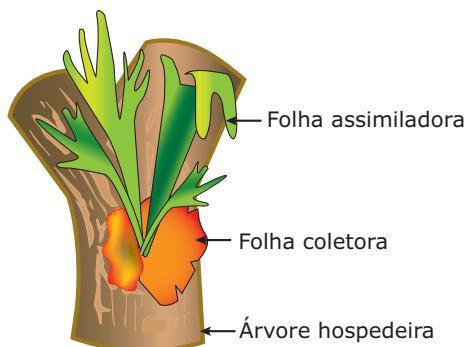
As turfas são muito utilizadas em agricultura para melhorar a capacidade de retenção de água no solo, além de fornecer nutrientes diversos para as plantas cultivadas. Quando secas, são muito utilizadas como combustível para aquecimento doméstico, substituindo, em certos casos, a lenha ou o carvão.

PTERIDÓFITAS

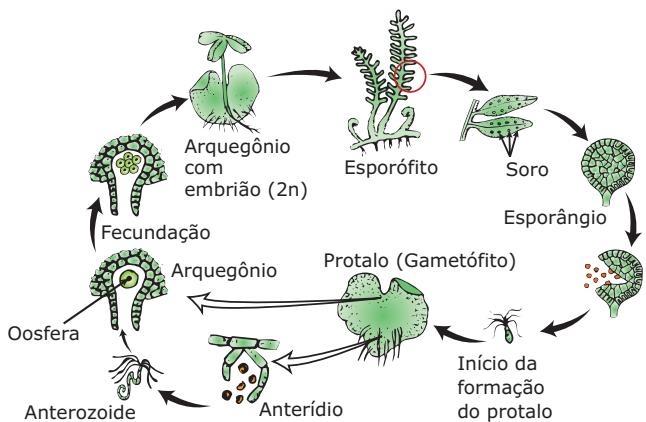
Características gerais

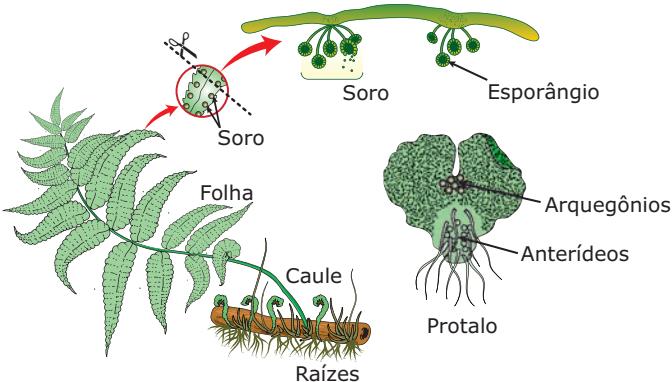
As pteridófitas (do grego *pterion*, feto; *phyton*, planta) são as primeiras traqueófitas (plantas que possuem vasos condutores de seiva, isto é, plantas vasculares). Assim, possuem um sistema de transporte eficiente que distribui água, minerais e substâncias orgânicas entre os órgãos vegetais. A aquisição desse sistema condutor foi uma das mais importantes adaptações das plantas ao ambiente terrestre. A presença de vasos lenhosos (xilemáticos) e vasos liberianos (floemáticos) possibilitou um desenvolvimento maior no porte dessas plantas no ambiente terrestre.

Apresentam as seguintes características gerais: são pluricelulares, eucariontes, autótrofas e aeróbias; traqueófitas ou vasculares (é importante lembrar que, na escala evolutiva das plantas, os tecidos especializados na condução ou transporte de seiva aparecem pela primeira vez nas pteridófitas); criptógamas, ou seja, não formam flores e, consequentemente, não produzem sementes; cormófitas, isto é, possuem órgãos diferenciados e especializados em determinadas funções. Seus órgãos são: raízes, caules e folhas com cutícula protetora e estômatos; tipicamente terrestres, vivendo, preferencialmente, em locais úmidos e sombrios, existindo, entretanto, algumas espécies aquáticas (dulcícolas). Algumas espécies são epífitas, isto é, crescem sobre outras plantas sem prejudicá-las.

As pteridófitas podem ser subdivididas em três grupos principais: licopodíneas, equisetíneas e filicíneas.

***Pteridófitas – Licopodíneas**: são pteridófitas cujo aspecto se assemelha ao dos musgos. Os principais representantes pertencem aos gêneros* Lycopodium *e* Selaginella*.*
***Equisetíneas**: são pteridófitas que possuem caules articulados com nós e entrenós. As folhas são pequenas e nascem nos nós. Os principais representantes são os do gênero* Equisetum*, conhecidos também por "cavalinhas" ou "rabo-de-cavalo".*
***Filicíneas**: são as pteridófitas que apresentam o maior número de espécies (cerca de 9 mil). Possuem grande diversidade de formas e de hábitats. A maioria vive em ambiente terrestre, embora existam algumas espécies aquáticas* (Salvinia e Azolla).

Entre as filicíneas terrestres, existem espécies de caule aéreo, ereto e com folhas bem desenvolvidas, como a samambaiaçu, frequente em florestas tropicais.

***Samambaiaçu** – A samambaiaçu é uma pteridófita arborescente que pode apresentar, na base de seu caule ereto, uma trama de raízes adventícias de grande volume. Essa trama, conhecida popularmente por xaxim, é muito utilizada como vaso para diferentes tipos de plantas ornamentais.*

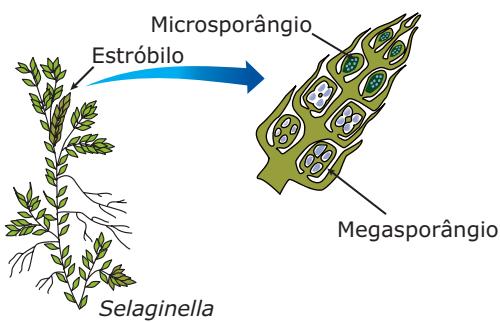
Samambaias e avencas *– As avencas e as samambaias são filicíneas terrestres de porte intermediário, muito utilizadas como plantas ornamentais. São muito comuns em florestas temperadas e tropicais e possuem caule do tipo rizoma (caule subterrâneo que cresce paralelamente à superfície do solo). As folhas jovens das filicíneas têm o ápice enrolado em função do maior crescimento inicial da face superior da folha em relação à inferior. Essas folhas recebem o nome de báculo.*

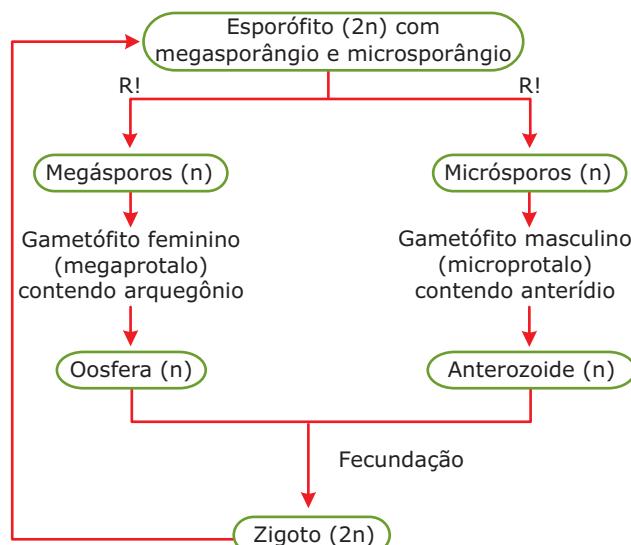
Muitas filicíneas são epífitas, isto é, crescem sobre o tronco de outras plantas sem prejudicá-las. É o caso, por exemplo, da *Platycerium alcicorne*, popularmente conhecida por "chifre-de-veado".

Platycerium alcicorne – *Uma filicínea epífita conhecida popularmente como "chifre-de-veado". A planta possui folhas coletoras, circulares, que se fixam ao tronco, e folhas assimiladoras ramificadas. O* Platycerium, *como as demais epífitas, utiliza outras plantas apenas como suporte, tendo nutrição independente.*

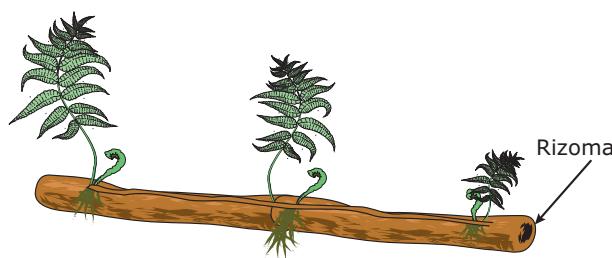
Reprodução

Apesar de já terem conseguido mais independência do que as briófitas em relação ao meio aquático, as pteridófitas ainda necessitam da água para a reprodução, uma vez que os seus anterozoides (gametas masculinos) ainda necessitam de um meio líquido para deslocarem-se ao encontro das oosferas (gametas femininos). Dessa forma, a vegetação de pteridófitas é mais abundante em locais úmidos, embora existam espécies que vivam em regiões áridas. Nesse caso, entretanto, as plantas permanecem em estado de vida latente quando as condições do meio se tornam desfavoráveis.

A reprodução das pteridófitas normalmente se faz por metagênese (alternância de gerações).

No ciclo de vida haplôntico-diplôntico (haplodiplobiôntico) das pteridófitas, ao contrário do que acontece nas briófitas, o esporófito (2n) é a fase mais desenvolvida e duradoura, enquanto o gametófito (n), também chamado de protalo, constitui a fase temporária de menor duração. Assim como nas briófitas, as pteridófitas possuem gametângios (anterídios e arquegônios) revestidos e protegidos por células estéreis e apresentam oogamia. O esporófito, dependendo da espécie, produz esporos de tamanhos iguais ou de tamanhos diferentes. Quando os esporos são iguais, a pteridófita é dita isosporada; quando têm tamanhos diferentes, a pteridófita é heterosporada. Nas heterosporadas, os esporos maiores são chamados de megásporos, e os menores, micrósporos.

Ciclo de vida de uma pteridófita isosporada *– A figura anterior representa o ciclo de reprodução da samambaia-de-metro* (Polypodium). *O "pé" de samambaia (planta com raízes, caule e folhas) é o esporófito (2n). Suas folhas são compostas por unidades menores, chamadas folíolos. Em certas épocas do ano, na face inferior de determinados folíolos, denominados esporófilos, surgem pequenos pontos escuros, chamados soros. Cada soro é um conjunto de esporângios que, por meiose, produzem os esporos (n), que são liberados para o meio exterior, onde, encontrando condições favoráveis, originam um gametófito, também conhecido por protalo. Esse gametófito é monoico, isto é, possui anterídio (gametângio masculino) e arquegônio (gametângio feminino). Esse gametófito é cordiforme (tem forma que lembra um coração), possui rizoides para a fixação no substrato e, apesar de pouco desenvolvido, é clorofilado e, portanto, capaz de fabricar o seu próprio alimento. Quando a maturidade sexual é atingida, os anterozoides, que são pluriflagelados, deixam os anterídios e se deslocam em direção ao arquegônio, que contém a oosfera (gameta feminino). Com a fecundação (fusão dos gametas), forma-se o zigoto (2n). Enquanto o gametófito (protalo) inicia um processo de degeneração, o zigoto se desenvolve, originando um novo esporófito, dependente do gametófito apenas nos estágios iniciais de seu desenvolvimento.*

Samambaias *– O esporófito é diploide (2n) e origina-se do zigoto, enquanto o gametófito é haploide (n) e origina-se do esporo. O esporófito é assexuado e produz esporos (unidades assexuadas de reprodução), e o gametófito é sexuado e produz gametas (unidades sexuadas de reprodução). O esporófito é duradouro ou persistente (produz esporos e mantém-se vivo), ao passo que o gametófito é passageiro ou temporário (após a formação do zigoto, o gametófito degenera-se). Tanto o esporófito quanto o gametófito são clorofilados e, portanto, autótrofos.*

Podemos resumir o ciclo de vida de uma pteridófita isosporada por meio do seguinte esquema:

Ciclo de vida de uma pteridófita isosporada

Em certas pteridófitas, como as do gênero *Selaginella*, os esporângios encontram-se agrupados em ramos terminais modificados, denominados espigas ou estróbilos. Esses esporângios estão protegidos por pequenas folhas, em forma de escamas.

Observe que, num mesmo estróbilo, há megasporângios (produtores de megásporos) e microsporângios (produtores de micrósporos). A Selaginella *é, portanto, uma pteridófita heteróspora ou heterosporada. Na heterosporia, os gametófitos (protalos) são dioicos, isto é, há dois tipos de protalos, um somente masculino (originário do micrósporo), outro somente feminino (originário do megásporo).*

O ciclo de uma pteridófita heterosporada, como o da *Selaginella*, pode ser resumido segundo o esquema a seguir:

Ciclo de vida de uma pteridófita heterosporada

Embora nas pteridófitas a reprodução se faça, normalmente, por meio da metagênese, nesse grupo de plantas, também pode ocorrer reprodução apenas por processos assexuados. As pteridófitas que possuem caule do tipo rizoma (samambaias, avencas) podem apresentar reprodução vegetativa (assexuada) em função, justamente, do tipo de caule que possuem. O rizoma pode, em determinados pontos, desenvolver brotos que dão origem a novos indivíduos.

Reprodução assexuada em samambaia *– A formação de brotos no rizoma origina novos indivíduos.*

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFG) O ciclo de vida das pteridófitas apresenta mais adaptações ao ambiente terrestre que o das briófitas. Quanto a essas características evolutivas, **JULGUE** os itens a seguir.

( ) As briófitas estão restritas aos ambientes áridos, enquanto as pteridófitas vegetam em vários ambientes, pois são seres ricos em lignina.

( ) As pteridófitas são plantas que fazem o transporte rápido da seiva, enquanto nas briófitas o transporte é feito de célula a célula.

( ) Nas briófitas, o transporte de água e nutrientes percorre as pequenas distâncias, por difusão, por isso essas plantas têm tamanho reduzido.

( ) As pteridófitas, ao contrário das briófitas, apresentam um ciclo de vida com geração esporofítica bem desenvolvida.

02. (UFPR) Existem dois grupos de vegetais com as formas gerais de reprodução quase idênticas: ambos possuem gametófito (n) e esporófito (2n). Indique a **CORRETA**, entre as combinações a seguir.

A) As pteridófitas possuem o gametófito como fase permanente e o esporófito como fase transitória.

B) As briófitas possuem o gametófito como fase permanente e o esporófito como fase transitória.

C) Nas briófitas, a fase permanente é a diploide, enquanto a haploide é a transitória.

D) Nas pteridófitas, a fase permanente é a haploide e a transitória, a diploide.

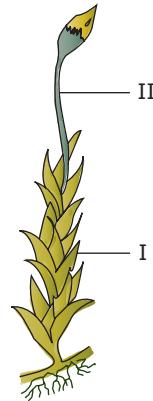
E) Nas briófitas, tanto o gametófito como o esporófito são permanentes.

03. (UFSC) Analise os itens propostos, relacionados com briófitas.

I. São vegetais verdes, portanto, autótrofos.

II. Possuem flores e reproduzem-se sexuadamente.

III. Como exemplo mais conhecido, podemos citar os cogumelos.

IV. Não possuem caules e raízes verdadeiras, mas estruturas análogas chamadas, respectivamente, cauloides e rizoides.

Escolha, entre as opções, a **CORRETA**.

A) I, II e IV são corretos.

B) I e IV são corretos, enquanto o item II está certo apenas em parte, pois as briófitas não possuem flores.

C) I, II e III são corretos.

D) II e IV estão corretos, enquanto o item I é parcialmente correto, pois as briófitas são verdes, mas não autótrofas.

E) Apenas o item III é correto.

04. (PUC Minas) Briófitas e pteridófitas **NÃO** apresentam em comum

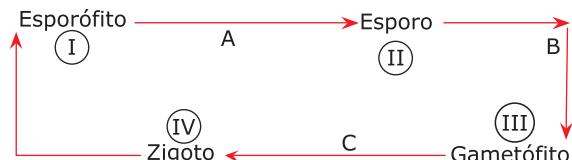
A) vascularidade, possibilitando maior conquista do meio terrestre.

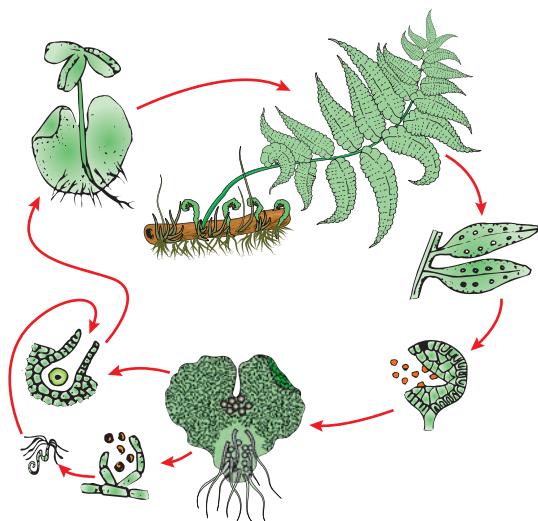
B) dependência da água para reproduzir.

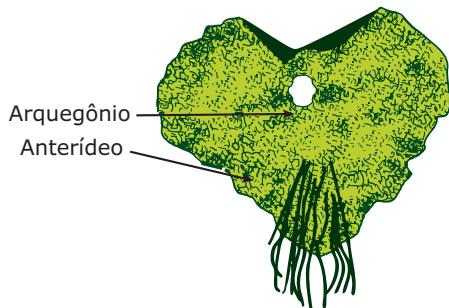
C) presença de gametas masculinos flagelados.

D) oogamia, indicando maior evolução gamética.

E) ocorrência de meiose na geração esporofítica.

05. (CESCEM-SP) Um musgo apresenta o aspecto indicado na figura a seguir:

Que letra da tabela a seguir indica **CORRETAMENTE** o que representam as estruturas I e II?

	I	II
A)	Gametófito feminino e haploide	Esporófito diploide
B)	Gametófito dioico e diploide	Esporófito haploide
C)	Gametófito masculino e haploide	Esporófito diploide
D)	Esporófito diploide	Gametófito dioico e haploide
E)	Esporófito haploide	Gametófito feminino e haploide

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (PUC-SP) No esquema a seguir, que representa o ciclo reprodutivo da filicíneas, os eventos A, B e C são, respectivamente,

A) meiose, germinação e fecundação.

B) germinação, meiose e fecundação.

C) fecundação, germinação e meiose.

D) germinação, fecundação e meiose.

E) meiose, fecundação e fecundação.

02. (UFMG) Esquema parcial do ciclo evolutivo de uma pteridófita terrestre.

Todas as afirmativas referentes ao esquema são verdadeiras, **EXCETO**

A) Trata-se de um vegetal vascular e isosporado.
B) As folhas apresentam esporângios agrupados, formando soros.
C) Para que o anterozoide atinja o arquegônio, é necessária a presença de água.
D) Trata-se de um vegetal que apresenta caule do tipo rizoma.
E) O protalo é a fase mais desenvolvida e duradoura.

03. (FUVEST-SP) Uma samambaia produz esporos que germinam, formando protalos. Enquanto estes são haploides, a samambaia é diploide. No protalo, originam-se anterídios, que produzem anterozoides, e arquegônios, que formam oosferas. A fusão de um anterozoide com uma oosfera dá um zigoto, do qual resulta uma samambaia. Nesse processo, a meiose ocorre

A) na divisão do zigoto.
B) na formação dos esporos.
C) na fusão dos anterozoides com as oosferas.
D) na formação dos anterozoides e oosferas.
E) na produção do protalo.

04. (PUC Minas) A figura a seguir compreende um protalo de samambaia.

Assinale a afirmativa **CORRETA**.

A) Esse protalo, que representa o gametófito, é monoico e, subsequentemente a ele, ocorrerá fecundação, formação do zigoto e desenvolvimento do esporófito.
B) Esse protalo, que representa o esporófito, é dioico e, subsequentemente a ele, ocorrerá fecundação, formação de esporos e desenvolvimento do gametófito.
C) Esse protalo, que representa o esporângio, é monoico e, subsequentemente a ele, ocorrerá a formação do gametófito.
D) Esse protalo, que representa o gameta masculino, formará, subsequentemente, esporos, que darão origem ao gametângio.
E) Esse protalo, que representa o esporófito, é monoico e dará origem a esporos.

05. (FUVEST-SP) Em que fase do ciclo de vida das pteridófitas há maior quantidade de DNA por núcleo celular?

A) Gametófitos
B) Gametângios
C) Gametas
D) Esporos
E) Esporófitos

06. (FUVEST-SP) Um horticultor deseja obter indivíduos geneticamente idênticos (clones) a uma samambaia comercialmente valiosa. Para alcançar esse objetivo, ele deve

A) cultivar os esporos produzidos por essa samambaia.
B) induzir artificialmente a autofecundação dessa samambaia.
C) implantar núcleos de esporos dessa samambaia em oosferas anucleadas de outras plantas.
D) introduzir DNA extraído de folhas dessa samambaia em zigotos de outras plantas.
E) obter fragmentos de rizomas (caule) dessa samambaia e cultivá-los.

07. (PUC RS) Responda à questão, com base nas afirmativas a seguir, sobre as plantas pteridófitas.

I. São o grupo mais antigo de plantas vasculares.
II. Possuem caule chamado de rizoma e folhas normalmente divididas em folíolos.
III. Suas minúsculas flores podem ser vistas apenas com o auxílio de uma lupa.
IV. Sua reprodução envolve a produção de esporos.

Pela análise das afirmativas, conclui-se que estão **CORRETAS** as das alternativas

A) I, II e III.
B) I, II, III e IV.
C) I, II e IV.
D) I, III e IV.

08. (UFC–2010) As pteridófitas são os primeiros vegetais vascularizados. Podemos dizer que são as primeiras plantas com raiz, caule e folha verdadeiros. A maioria das espécies é terrestre e habita lugares úmidos e sombrios. Também chamadas popularmente de samambaias, essas plantas podem se reproduzir tanto assexuadamente como sexuadamente.

Considerando o ciclo reprodutivo das samambaias, é **CORRETO** afirmar que

A) a fase dominante do ciclo de vida das samambaias é representada pelo gametófito.

B) a fase efêmera do ciclo de vida das samambaias é representada pelo esporófito.

C) as samambaias se reproduzem assexuadamente pela produção de um protalo, onde se formam os esporos.

D) as samambaias cultivadas em cestas são os esporófitos e, portanto, representam a fase dominante do ciclo evolutivo.

09. (VUNESP) A uma pessoa que comprasse um vaso de samambaia em uma floricultura e pretendesse devolvê-lo por ter verificado a presença de pequenas estruturas escuras dispostas regularmente na face inferior das folhas, você diria

A) que a planta, com certeza, se encontrava parasitada por um fungo.

B) que a planta necessitava de adubação, pois mostrava sinais de deficiências nutricionais.

C) que a planta tinha sido atacada por insetos.

D) que as pequenas estruturas eram soros, os quais aparecem normalmente durante o ciclo reprodutivo da planta.

E) que a planta se encontrava com deficiência de umidade, mostrando manchas necróticas nas folhas.

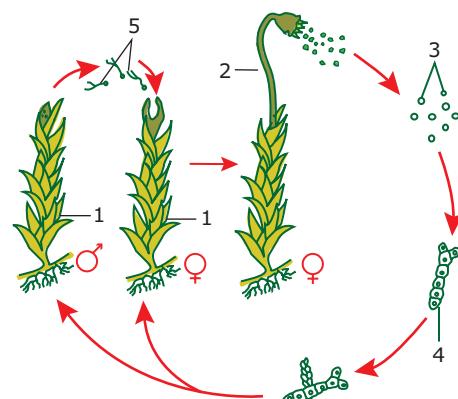
10. (UFSM-RS) Na passagem evolutiva de plantas aquáticas (algas verdes) para o ambiente terrestre, alguns cientistas consideram as briófitas as primeiras a apresentarem características que permitiram que as plantas invadissem esse tipo de ambiente. No referido grupo (briófitas), uma dessas características é o (a)

A) aparecimento da clorofila, dando início ao processo de fotossíntese.

B) surgimento de tecidos de condução.

C) formação de sementes como o modo mais eficiente de propagação.

D) surgimento de rizoides, que assumiram as funções de absorção e fixação.

E) eliminação da dependência da água para a fecundação.

11. (UNAERP-SP) Assinale a alternativa que apresenta uma característica das briófitas (musgos).

A) Não possuem raízes e sim rizoides.

B) Possuem raízes e vasos condutores de seiva.

C) Não possuem raízes, mas possuem vasos condutores de seiva.

D) A reprodução se faz por metagênese, sendo o esporófito a fase haploide.

E) A reprodução se faz por metagênese, sendo a fase gametofítica diploide.

12. (FCMSC-SP) Em relação às briófitas, é **ERRADA** a afirmação:

A) São vegetais haplodiplobiontes.

B) O zigoto é a única fase que sofre divisão meiótica.

C) Não apresentam tecido condutor.

D) A fase adulta mais importante é a gametofítica.

E) Não existem espécies marinhas.

13. (UNIRIO-RJ) Ciclo de vida reprodutivo de um musgo:

Assinale a informação **CORRETA** sobre o ciclo reprodutivo anterior.

A) A estrutura apontada pela seta 1 é o gametófito e, pela seta 2, os anterídios, ambas com número cromossomial (2n).

B) A estrutura apontada pela seta 2 é o gametófito e forma esporos com número cromossomial (n).

C) A estrutura apontada pela seta 4 é a oosfera e possui número cromossomial (n).

D) As setas 1 e 2 apontam, respectivamente, para o gametófito (n) e o esporófito (2n).

E) As estruturas apontadas pela seta 5 são os esporos com número cromossomial (2n).

14. (Unicamp-SP) A Mata Atlântica é um ambiente úmido. Nesse ambiente, é comum encontrar diversos tipos de plantas verdes, de pequeno porte (alguns centímetros), crescendo sobre troncos e ramos de árvores, bem como recobrindo certas áreas na superfície do solo. A reprodução dessas plantas não ocorre por meio de flores, mas no seu ciclo há gametas envolvidos.

A) Que plantas são essas?

B) Qual o fator que limita o seu tamanho?

C) Qual é a fase transitória do seu ciclo reprodutivo?

SEÇÃO ENEM

01. As briófitas são plantas criptogâmicas avasculares que podem ser muito úteis para o homem. A formação de "tapetes" de muitas espécies promove a absorção e retenção de água e uma diminuição no impacto da gota da chuva. Várias espécies habitam as margens dos rios, absorvendo a água e retendo partículas do solo em suspensão. Existem espécies que têm a capacidade de concentrar metais pesados, como o mercúrio, outras, de reter poluentes do ar. No Japão, foi identificada uma espécie que se desenvolve apenas em água poluída. Existem espécies de briófitas que servem ainda de alimento para alguns mamíferos, pássaros e peixes, e que podem ser usadas para fins medicinais, entre outras finalidades.

CIÊNCIA HOJE. jun. 1993. v. 16, n. 91 (Adaptação).

Com base no texto e em seus conhecimentos, é correto afirmar que as briófitas

A) são traqueófitas de pequenas dimensões.

B) são exclusivamente aquáticas.

C) não sobrevivem em ambientes poluídos.

D) são úteis como indicadores ecológicos da poluição.

E) contribuem para acelerar o processo de erosão do solo.

02. Em uma região de mata há grande quantidade de musgos e samambaias. Todos os musgos são pequenos, atingindo, no máximo, poucos centímetros de altura, ao passo que algumas samambaias chegam a ter até 2 metros. Essa diferença de tamanho se justifica pelo fato de os musgos

A) não possuírem vasos condutores de seiva.

B) dependerem da água do meio para a reprodução.

C) serem menos resistentes ao ataque dos predadores.

D) terem uma fase haploide de curta duração.

E) realizarem pouca fotossíntese.

GABARITO

Fixação

01. F V V V

02. B

03. B

04. A

05. A

Propostos

01. A

02. E

03. B

04. A

05. E

06. E

07. C

08. D

09. D

10. D

11. A

12. B

13. D

14. A) Briófitas, como os musgos.

B) O tamanho dessas plantas é limitado pela ausência de vasos condutores de seiva.

C) A fase transitória é a esporofítica (esporófito).

Seção Enem

01. D

02. A

BIOLOGIA

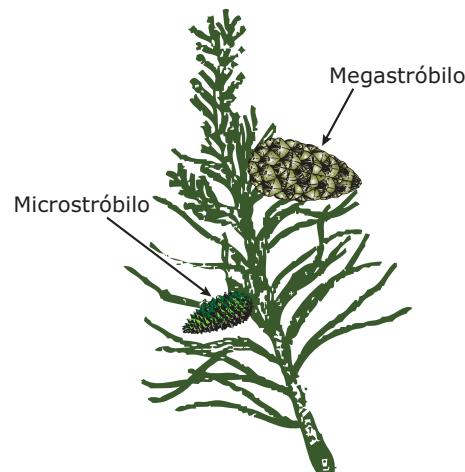
Gimnospermas

CARACTERÍSTICAS GERAIS

As gimnospermas (do grego *gymnos,* nu; *sperma*, semente) são as primeiras espermáfitas ou espermatófitas, isto é, as primeiras plantas produtoras de sementes, mas que não produzem frutos.

São pluricelulares, eucariontes, autótrofas, traqueófitas e cormófitas (possuem órgãos diferenciados). Seus órgãos são: raízes, caule e folhas.

São plantas terrestres que vivem, preferencialmente, em locais frios ou temperados. São abundantes no Hemisfério Norte, onde formam extensas florestas chamadas Taigas ou Florestas de Coníferas. No Sul do Brasil, a Mata de Araucárias é um bom exemplo de formação vegetal na qual predomina a gimnosperma *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná).

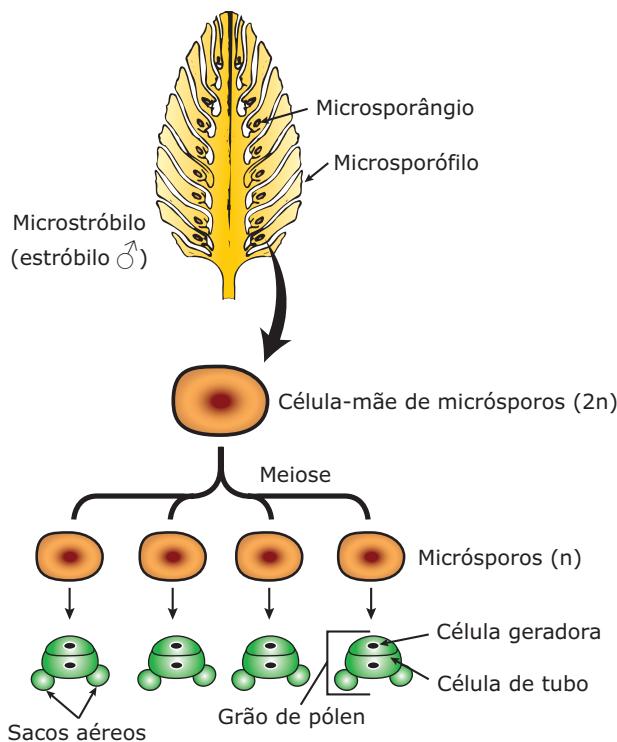
Além dos pinheiros, no grupo das gimnospermas, encontramos também os ciprestes, as sequoias, o cedro, a *Ginkgo biloba* e as cicadáceas.

REPRODUÇÃO

A reprodução das gimnospermas, à semelhança das demais plantas terrestres, faz-se, normalmente, através de metagênese (alternância de gerações), em que ocorre o ciclo haplôntico-diplôntico. Entretanto, ao contrário do que acontece com as briófitas e pteridófitas, a reprodução das gimnospermas não depende mais da água do meio externo. A partir das gimnospermas, o gameta masculino, aqui denominado núcleo espermático ou célula espermática, é levado ao encontro da oosfera (gameta feminino) por uma estrutura denominada tubo polínico. O tubo polínico, portanto, desempenha nessas plantas o mesmo papel que a água exerce nas briófitas e nas pteridófitas no que diz respeito à fecundação (encontro dos gametas).

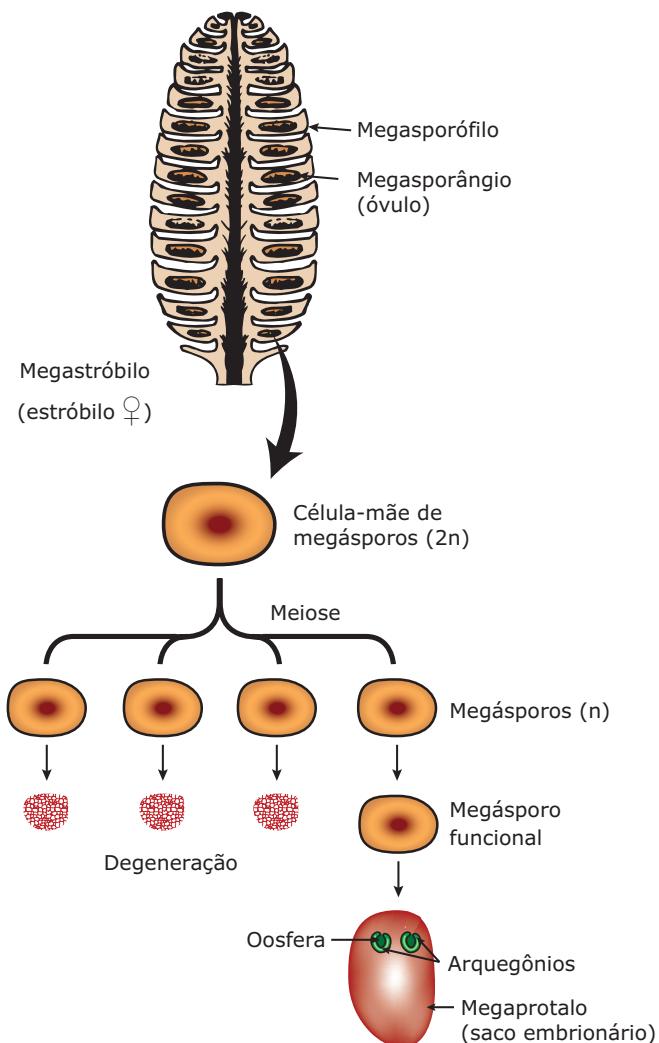
Como exemplo de reprodução nesse grupo de plantas, veremos o *Pinus sylvestris* (pinheiro europeu), cujo ciclo reprodutivo apresenta algumas semelhanças com o das pteridófitas heterosporadas, principalmente com o ciclo da *Selaginella*.

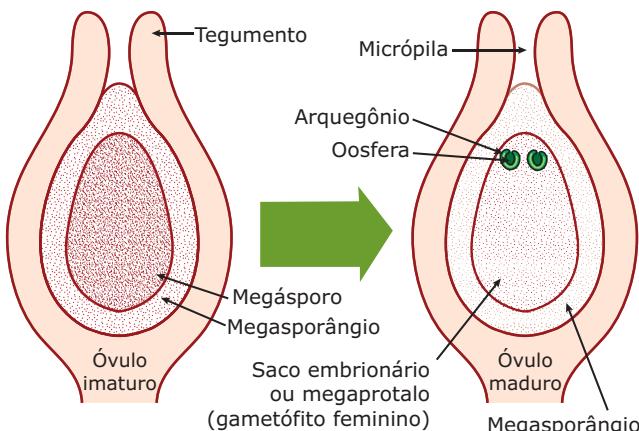
Na *Pinus sylvestris*, a planta com raiz, caule e folhas é o esporófito (2n), que, ao atingir a maturidade sexual, apresenta folhas modificadas, denominadas esporófilos, especializadas na função reprodutora. Essas folhas reunem-se formando estruturas chamadas estróbilos ou cones (daí vem o nome conífera). Cada estróbilo (cone) é, portanto, um conjunto de esporófilos.

Os estróbilos podem ser masculinos e femininos. Os estróbilos masculinos, também chamados de microstróbilos ou, ainda, cones masculinos, são formados pela reunião de vários microsporófilos (folhas reprodutoras masculinas). Os estróbilos femininos ou megastróbilos ou, ainda, cones femininos são formados pela união de vários megasporófilos (folhas reprodutoras femininas). Por causa da presença desses órgãos reprodutores bem diferenciados e visíveis, as gimnospermas também fazem parte do grupo das plantas fanerógamas (*fanero*, visível; *gamae*, gametas).

Pinus sylvestris – *Ápice da planta, mostrando a presença de megastróbilo (estróbilo feminino) e microstróbilo (estróbilo masculino) em um mesmo esporófito.*

Dependendo da espécie, o esporófito da gimnosperma pode ser monoico ou dioico. Na *Pinus sylvestris,* ele é monoico. Na *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná), ele é dioico (sexos separados), existindo esporófito feminino, em que se formam só os megastróbilos (estróbilos femininos), e esporófito masculino, em que se formam apenas os microstróbilos (estróbilos masculinos).

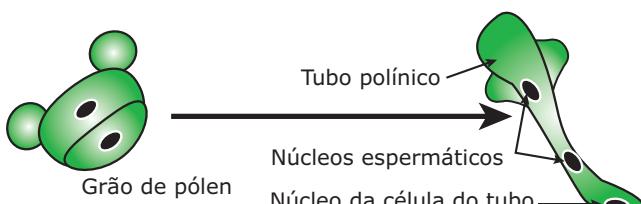
OBSERVAÇÃO

Alguns autores consideram os esporófilos como sendo as flores dos pinheiros e os estróbilos ou cones como inflorescências (conjunto de flores). Outros autores, entretanto, não consideram essas estruturas flores verdadeiras.

Vejamos o que acontece nos estróbilos masculino e feminino do *Pinus*:

- **Microstróbilo (estróbilo masculino)** – Em cada microsporófilo, desenvolvem-se os microsporângios, estruturas nas quais, por meiose, se formam esporos denominados micrósporos ou andrósporos. É do desenvolvimento dos micrósporos que se formam os grãos de pólen. Assim, dentro de cada microsporângio, formam-se vários grãos de pólen. Por isso, os microsporângios são, também, conhecidos por sacos polínicos.

Formação de grãos de pólen em uma gimnosperma *– No interior de cada microsporângio, existem células diploides (2n), conhecidas por células-mãe de micrósporos. Essas células, por meiose, originam os micrósporos haploides (n). Em seguida, cada micrósporo, por mitose, passa a ser constituído por duas células haploides (n): a célula do tubo (célula vegetativa) e a célula geradora. A parede do micrósporo desenvolve duas projeções laterais, denominadas sacos aéreos, que têm um importante papel na polinização das gimnospermas, uma vez que esta é realizada pelo vento. Os micrósporos desenvolvidos, agora constituídos pelas células do tubo, células geradoras e sacos aéreos, passam a ser chamados de grãos de pólen. Os grãos de pólen são os gametófitos masculinos jovens.*

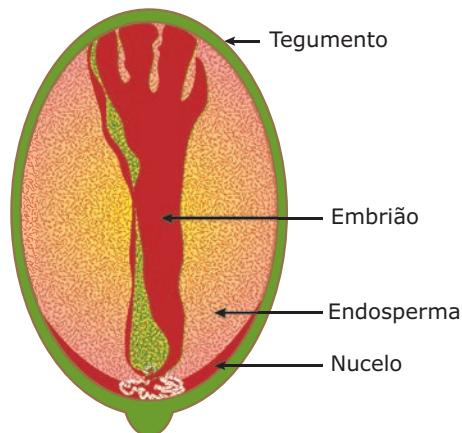
- **Megastróbilo (estróbilo feminino)** – Nos megasporófilos, existem megasporângios, também conhecidos por gimnosporângios ou, ainda, óvulos, nos quais, por meiose, ocorre a formação de esporos conhecidos por megásporos ou gimnósporos. É a partir de um megásporo que se forma o gametófito feminino (megaprotalo, saco embrionário).

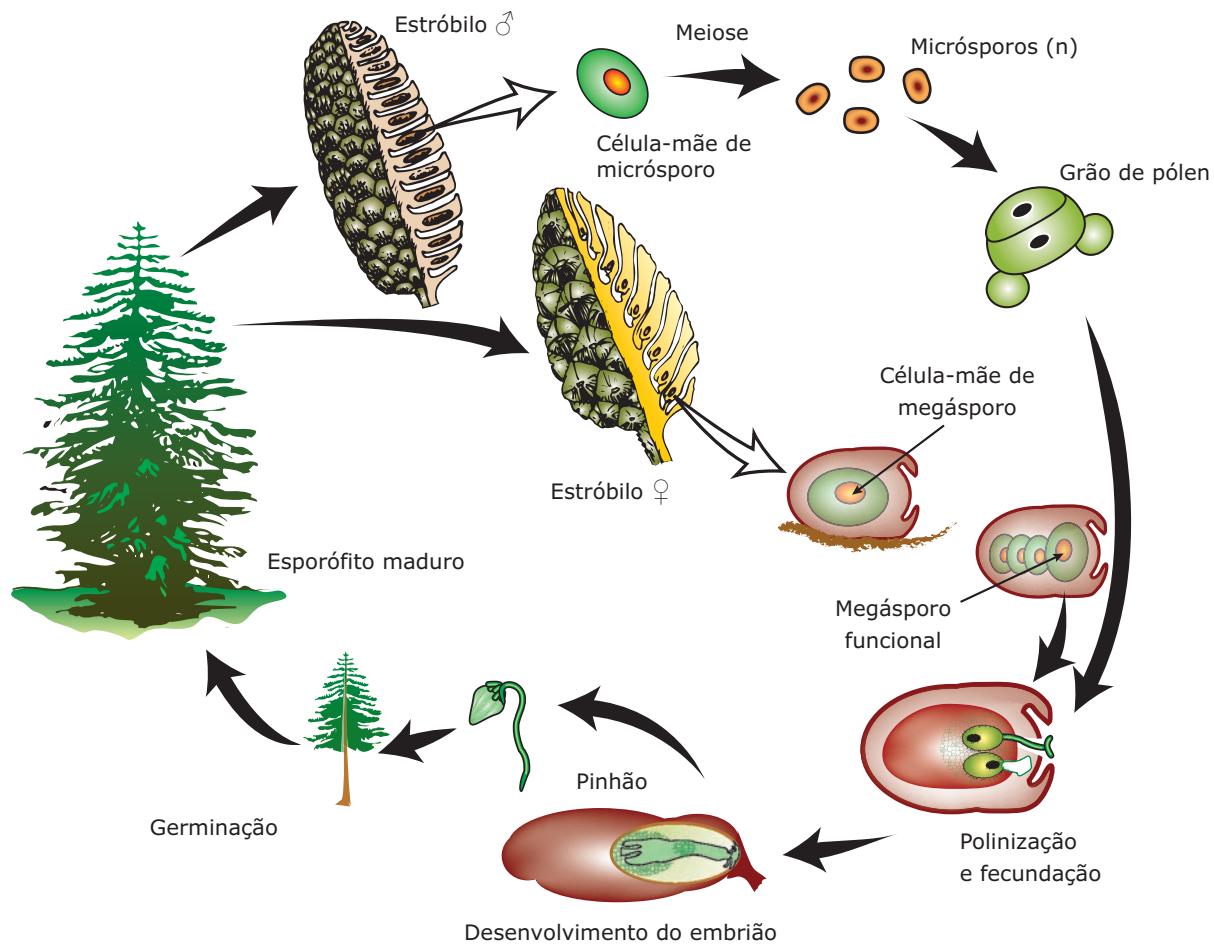
Formação do gametófito feminino em uma gimnosperma *– No interior do óvulo ou megasporângio, existe uma célula diploide (2n), conhecida por célula-mãe de megásporo, que, por meiose, origina quatro células haploides (n), que são os megásporos. Destas, três degeneram e apenas uma passa a ser o megásporo funcional. Assim, dentro de cada megasporângio (óvulo), passa a existir apenas um megásporo: o megásporo funcional.*

Esse megásporo funcional, sofrendo várias divisões mitóticas, origina o megaprotalo ou saco embrionário, que contém dois ou três arquegônios (gametângios femininos) na região próxima à micrópila. Em cada arquegônio, forma-se apenas uma oosfera (gameta feminino). O óvulo contendo o gametófito feminino com arquegônios e oosferas é chamado de óvulo maduro. Veja a figura a seguir:

Óvulo (megasporângio) de gimnosperma *– Cada óvulo ou megasporângio é revestido por um tegumento (2n) que apresenta uma abertura denominada micrópila. O óvulo que contém em seu interior apenas o megásporo funcional é chamado de óvulo imaturo. O óvulo que contém em seu interior o gametófito feminino é chamado de óvulo maduro.*

A reprodução do *Pinus* é realizada em três etapas básicas: polinização, germinação do grão de pólen e fecundação.

A) Polinização – Consiste na transferência dos grãos de pólen do microsporângio para o megasporângio (óvulo). Essa transferência é feita por ação do vento. Portanto, o agente polinizador é o vento (polinização anemófila). Para a ocorrência dessa polinização, muito contribuem os sacos aéreos existentes nos grãos de pólen das gimnospermas.

B) Germinação do grão de pólen – Consiste no desenvolvimento do grão de pólen sobre o óvulo (megasporângio), com a consequente formação de uma estrutura denominada tubo polínico ou microprotalo.

Germinação do grão de pólen *– Ao cair sobre um óvulo (megasporângio), o grão de pólen inicia sua germinação, desenvolvendo-se e dando origem a uma estrutura longa, tubular, denominada tubo polínico. As paredes do tubo polínico resultam do desenvolvimento da célula do tubo (célula vegetativa) do grão de pólen. O núcleo da célula geradora, por sua vez, divide-se por mitose, originando dois núcleos espermáticos (n) ou núcleos gaméticos, que são os gametas masculinos. O tubo polínico, portanto, é o gametófito masculino adulto das gimnospermas, uma vez que é no seu interior que se formam os gametas masculinos.*

C) Fecundação – Consiste na união dos gametas masculino e feminino, isto é, união do núcleo espermático com a oosfera. Para isso, o tubo polínico alonga-se como um sifão, penetrando no óvulo (megasporângio) através da micrópila, até fundir-se com o gametófito feminino. Feito isso, um dos núcleos espermáticos sofre degeneração, enquanto o outro fecunda a oosfera, formando o zigoto (2n). Esse zigoto desenvolve-se por mitoses sucessivas, dando origem a um embrião (2n).

Vários grãos de pólen podem germinar e fecundar várias oosferas de um mesmo óvulo, com formação de vários zigotos e, consequentemente, vários embriões. Entretanto, dos diversos embriões formados, apenas um se desenvolve. Fala-se, então, que há uma poliembrionia temporária.

Após a fecundação, o óvulo hipertrofia-se, originando a semente que, no caso do *Pinus*, é conhecida popularmente por pinhão. Essa semente é formada pelas seguintes partes: embrião, endosperma primário, nucelo e casca (tegumento). Além de conter reservas nutritivas, as sementes conferem ao embrião proteção contra a desidratação, calor, frio e ação de parasitas. Constituem, portanto, uma importante aquisição evolutiva que muito contribuiu para a adaptação das gimnospermas à vida terrestre.

Semente de gimnosperma *–* ***Embrião (2n)****: resulta do desenvolvimento do zigoto.* ***Endosperma (n)****: reservas nutritivas acumuladas pelas células do saco embrionário. É, portanto, um tecido nutritivo haploide (n). Sua função é nutrir o embrião no início de seu desenvolvimento.* ***Nucelo (2n)****: é originário da própria parede do óvulo (megasporângio). Sua função é proteger o embrião e o endosperma.* ***Casca ou tegumento (2n)****: Formada pelo endurecimento do tegumento do óvulo.*

No *Pinus,* após a fecundação e formação das sementes, os megastróbilos (estróbilos femininos) são comumente chamados de pinhas. Em cada pinha, existem várias sementes (pinhões). Essas sementes permanecem presas ao megastróbilo até amadurecerem, quando, então, se desprendem e caem ao solo, onde, encontrando condições favoráveis, germinam (germinação da semente), originando um novo esporófito. Ao atingir a sua maturidade sexual, o esporófito forma microstróbilos e megastróbilos, reiniciando o ciclo reprodutivo. Veja a seguir os esquemas desse ciclo de reprodução.

***Ciclo de vida de um* Pinus**

Nas coníferas, não há mais anterozoides flagelados, que precisam do meio aquoso para chegar até a oosfera. Os gametas masculinos, representados pelos núcleos espermáticos, são transportados pelo tubo polínico até os arquegônios, onde alcançam as oosferas. Assim, a fecundação nessas plantas não depende mais da água do meio externo.

A independência da água do meio externo para a fecundação foi uma aquisição evolutiva importante para melhor adaptar as plantas ao meio terrestre e permitir a sua conquista em definitivo. O grande responsável por essa independência foi o tubo polínico, estrutura que leva os gametas masculinos ao encontro do gameta feminino.

As plantas que formam tubo polínico durante o processo de reprodução são chamadas de sifonógamas; as que não formam essa estrutura, como as briófitas e pteridófitas, por exemplo, são ditas assifonógamas.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (OSEC-SP / Adaptado) As gimnospermas são plantas que apresentam as características a seguir, **EXCETO** uma. Assinale-a.

A) Vasos para a condução da seiva.

B) Estróbilos para a reprodução sexuada.

C) Sementes para favorecer a disseminação.

D) Frutos para conter as sementes.

E) Raízes, caules e folhas verdadeiras.

02. (FUVEST-SP) Na evolução das plantas, o aparecimento do tubo polínico trouxe a vantagem de

A) eliminar a participação do gameta masculino na fertilização.

B) facilitar a nutrição do embrião.

C) assegurar a fertilização em meio aquático.

D) tornar a fertilização independente da água.

E) assegurar a sobrevivência do gameta feminino.

03. (OSEC-SP) O pinhão é

A) o fruto simples do pinheiro.

B) o fruto composto do pinheiro.

C) o cone feminino do pinheiro.

D) o cone masculino do pinheiro.

E) a semente do pinheiro.

04. (Unifor-CE) Em relação à evolução dos processos reprodutivos das plantas, as gimnospermas foram as primeiras a apresentar

A) formação de um embrião.

B) diferenciação morfológica entre gametas masculinos e femininos.

C) produção de megásporos e micrósporos.

D) independência da água para os processos reprodutivos.

E) alternância de gerações gametofítica e esporofítica.

05. (UEL-PR / Adaptado) Uma característica das gimnospermas, que as diferencia das pteridófitas, é a ocorrência de

A) raízes.

B) vasos condutores.

C) sementes.

D) geração gametofítica.

E) geração esporofítica.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UCP-PR) "Nas coníferas, o nadar dos anterozoides é substituído pelo crescer dos tubos polínicos".
Essa frase se relaciona com

A) a independência da água para que se dê a fecundação.

B) o aparecimento dos frutos na escala vegetal.

C) a substituição da reprodução assexuada pela sexuada.

D) o maior desenvolvimento do gametófito nas gimnospermas.

E) o aparecimento dos vegetais intermediários como as briófitas.

02. (UFMG) O desenho a seguir representa o ramo de uma gimnosperma do gênero *Pinus*.

Em relação a ele, qual é a alternativa **CERTA**?

A) Trata-se de um vegetal dioico, dicotiledôneo e com protalos desenvolvidos.

B) Hifas e micélios encontram-se entre os microstróbilos e megastróbilos.

C) O fruto representado contém sementes fecundadas que serão eliminadas quando ele estiver seco.

D) Trata-se de um vegetal criptógamo, vascular e arquegoniado.

E) Trata-se de uma fanerógama, que apresenta estruturas diploides durante a fase esporofítica.

03. (VUNESP) A principal característica das gimnospermas é

A) o tamanho das plantas.

B) a não produção de flores.

C) a produção de sementes nuas.

D) a produção de frutos que protegem a semente.

E) o fato de serem as mais abundantes da flora atual.

04. (UMC-SP) Uma árvore bastante conhecida dos brasileiros, especialmente na região Sul, é o pinheiro-do-paraná. Nas alternativas desta questão, foram colocadas algumas características dessa planta, e você deverá assinalar a alternativa **INCORRETA**.

A) O fruto é comestível e conhecido popularmente como pinhão.

B) É planta gimnosperma.

C) É planta dioica.

D) O cone ou pinha é um conjunto de pinhões.

E) A polinização do pinheiro-do-paraná é essencialmente anemófila.

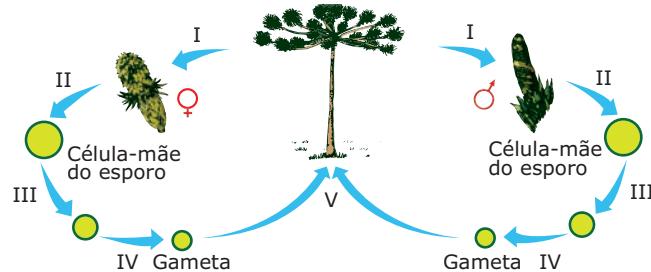
05. (UFSCar-SP / Adaptado) As afirmações a seguir estabelecem comparação entre pteridófitas e gimnospermas. A única frase **INCORRETA** é:

A) Tanto nas gimnospermas como nas pteridófitas há folhas, caules e raízes verdadeiras.

B) Nas gimnospermas formam-se sementes, e nas pteridófitas isso não ocorre.

C) Nas gimnospermas, o gametófito desenvolve-se sobre o esporófito e, nas pteridófitas, eles são independentes.

D) Tanto nas gimnospermas como nas pteridófitas raramente ocorre alternância de gerações.

E) As gimnospermas são fanerógamas vasculares, e as pteridófitas, criptógamas vasculares.

06. (PUC-Campinas-SP) Assinale a alternativa da tabela a seguir que indica **CORRETAMENTE** a fase de maior desenvolvimento (+) no ciclo de vida dos grupos vegetais considerados e as estruturas cuja presença (+) os caracteriza nessa fase.

	Grupos Vegetais	Fase mais desenvolvida		Estruturas características	
		Gametofítica	Esporofítica	Rizoides	Vasos condutores
A)	**Briófitas**	+		+	+
B)	**Pteridófitas**	+		+	+
C)	**Gimnospermas**	+			+
D)	**Briófitas**		+	+	
E)	**Gimnospermas**		+		+

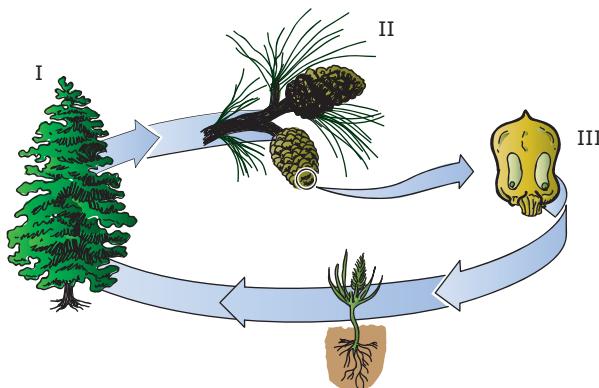
07. (PUC Minas) É comum entre pteridófitas e gimnospermas a presença de

A) frutos alados.

B) esporófitos duradouros.

C) sementes secas.

D) endospermas triploides.

E) fecundação dupla.

08. (UFMG) Observe o esquema do ciclo reprodutivo do pinheiro.

Em que fase desse ciclo ocorre a redução do número de cromossomas?

A) I

B) II

C) III

D) IV

E) V

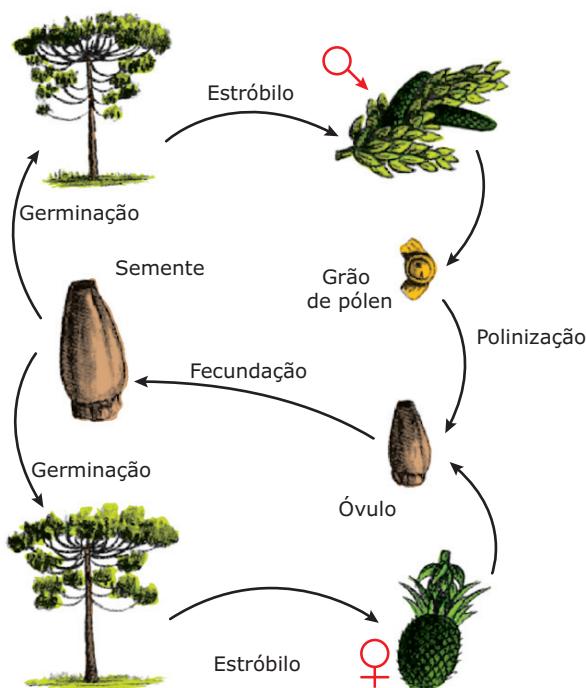
09. (PUC Minas–2007) O esquema representa o ciclo reprodutivo de uma gimnosperma.

É correto afirmar sobre esse ciclo, **EXCETO**

A) A estrutura I representa organismo autótrofo e duradouro, chamado esporófito.

B) Seus frutos, utilizados por aves, derivam da estrutura III.

C) Os endospermas presentes em suas sementes são reservas nutritivas e haploides.

D) A anemofilia ocorre a partir de estruturas masculinas dos esporófitos, presentes em II.

10. (UEL-PR) Considere o texto a seguir sobre a *Araucaria angustifolia.*

Os pinhões são avidamente consumidos por várias espécies da fauna; uma ave, a gralha azul, esconde os pinhões no solo para posterior consumo.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras.*
Nova Odessa: Plantarum, 1992. v. 1. p. 35.

A gralha azul, quando não encontra os pinhões que enterrou, contribui para

A) a disseminação do vegetal.
B) a extinção do vegetal.
C) retardar a germinação da semente vegetal.
D) impedir a germinação da semente vegetal.
E) reduzir a viabilidade da semente vegetal.

11. (Unifor-CE) As gimnospermas apresentam grande quantidade de grãos de pólen, e a sua polinização é realizada

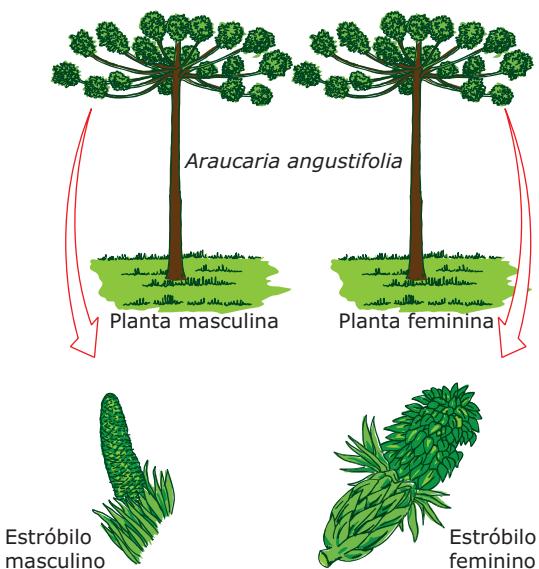
A) por morcegos.
B) por aves.
C) por insetos.
D) pelo vento.
E) pela água.

12. (VUNESP) Observe o ciclo reprodutivo do pinheiro.

A) Em que estágio desse ciclo ocorre redução do número de cromossomos?

B) **INDIQUE** as estruturas citadas no ciclo que correspondem às palavras destacadas na seguinte estrofe popular:

Pinheiro me dá uma **pinha**
Pinha me dá um **pinhão**
Menina me dá um beijo
Que eu te dou meu coração.

13. (FUVEST-SP) "O grão de pólen não é o gameta masculino de uma planta gimnosperma". **JUSTIFIQUE** essa afirmativa.

14. (UFPR) O pinheiro-do-paraná – *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. – é uma espécie arbórea nativa do Brasil, destacando-se fisionomicamente de tal forma que as florestas em que ocorre são comumente designadas como "florestas com araucária", "pinheirais" ou "pinhais". Sobre essa espécie e o tipo de vegetação em que ela ocorre, é **CORRETO** afirmar:

01. As florestas com araucária têm ocorrência exclusiva no Sul do Brasil, pois trata-se de uma região com temperaturas mais altas, propícias ao desenvolvimento da espécie.

02. *Araucaria* é o gênero a que pertence a espécie *Araucaria angustifolia*.

04. O pinheiro-do-paraná pertence ao grupo das angiospermas, pois forma um tipo de semente que é conhecida popularmente como pinhão.

08. A polinização do pinheiro-do-paraná é realizada por aves, enquanto que a dispersão de suas sementes ocorre pelo vento.

16. Os nomes dos autores que aparecem junto ao nome científico do pinheiro-do-paraná são os dos responsáveis pela descoberta das florestas com araucária.

32. O pinheiro-do-paraná pertence ao grupo das coníferas, que reúne uma série de espécies de notável valor econômico.

64. A área central de ocorrência das florestas com araucária no Brasil está sujeita a um clima subtropical, com geadas.

Soma ( )

SEÇÃO ENEM

01. A *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná), além da madeira para a produção de móveis e papel, é também famosa por sua semente, o pinhão, que serve de alimento para vários animais, além de ser muito apreciado pelo ser humano. A ilustração a seguir mostra os esporófitos dessas plantas e seus estróbilos.

Com base na ilustração e seus conhecimentos, é correto dizer que a *Araucaria angustifolia* é uma espécie

A) monoica.
B) dioica.
C) hermafrodita.
D) partenogenética.
E) assexuada.

02.

Pinheiro me dá uma pinha
Pinha me dá um pinhão
Menina me dá um beijo
Que eu te dou meu coração.

A estrofe anterior, muito conhecida na região Sul do Brasil, menciona uma pinha e um pinhão, estruturas do pinheiro-do-paraná, que correspondem, respectivamente,

A) ao fruto e à semente do pinheiro.
B) à semente e ao fruto do pinheiro.
C) ao estróbilo feminino e ao fruto do pinheiro.
D) ao estróbilo feminino e à semente do pinheiro.
E) ao estróbilo feminino e ao estróbilo masculino do pinheiro.

GABARITO

Fixação

01. D
02. D
03. E
04. D
05. C

Propostos

01. A
02. E
03. C
04. A
05. D
06. E
07. B
08. C
09. B
10. A
11. D
12. A) A redução do número de cromossomos é feita pela meiose que ocorre na fase esporofítica (esporófito) para a formação dos esporos, que, ao germinarem, originam os gametófitos, representados pelo tubo polínico (gametófito masculino maduro) e pelo saco embrionário (gametófito feminino maduro).
    B) Pinha = estróbilo feminino (megastróbilo); pinhão = semente.
13. Os grãos de pólen não são os gametas masculinos e sim gametófitos masculinos jovens que, ao germinarem, originam tubos polínicos, no interior dos quais ficam os gametas masculinos, representados pelos núcleos espermáticos.
14. Soma = 98

Seção Enem

01. B
02. D

BIOLOGIA

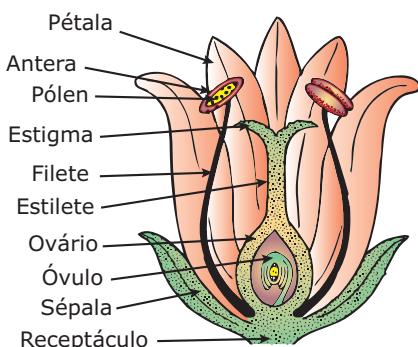
MÓDULO 20 FRENTE D

Angiospermas

CARACTERÍSTICAS GERAIS

As angiospermas (do grego *angeion*, vaso; *sperma*, semente) são as plantas mais evoluídas e também as que, atualmente, apresentam a maior variedade de espécies.

São pluricelulares, eucariontes, autótrofas, traqueófitas, fanerógamas, espermatófitas e cormófitas.

Além de flores e sementes, as angiospermas também formam frutos, órgãos que envolvem e protegem as sementes.

À semelhança das gimnospermas, as angiospermas independem da água para a fecundação. Os gametas masculinos, isto é, as células espermáticas (núcleos espermáticos), são levados ao encontro da oosfera (gameta feminino) pelo tubo polínico. Assim, as angiospermas também são plantas sifonógamas.

São encontradas numa ampla diversidade de ambientes, existindo desde espécies aquáticas, inclusive marinhas, até plantas adaptadas a ambientes áridos, como é o caso dos cactos. As espécies podem ser arbóreas, arbustivas, herbáceas, sendo que algumas são parasitas, existindo, também, espécies epífitas.

AS FLORES

As flores das angiospermas são órgãos formados por um conjunto de folhas modificadas e especializadas na reprodução. As flores, portanto, são os órgãos de reprodução dessas plantas.

Uma flor completa de angiosperma é formada pelas seguintes partes: pedúnculo, receptáculo, cálice, corola, androceu e gineceu. Veja o esquema a seguir:

Partes da flor *–* ***Pedúnculo****: É a haste que prende a flor ao caule.* ***Receptáculo****: Dilatação da extremidade do pedúnculo onde se inserem (fixam) os chamados verticilos florais: cálice, corola, androceu e gineceu.*

O cálice e a corola constituem os verticilos florais protetores, enquanto androceu e gineceu são os verticilos florais de reprodução. ***Cálice****: Estrutura formada por folhas modificadas, geralmente de coloração verde, denominadas sépalas. O cálice, portanto, é o conjunto de sépalas de uma flor.* ***Corola****: Estrutura formada por folhas modificadas, geralmente coloridas, denominadas pétalas. A corola, portanto, é o conjunto de pétalas de uma flor.*

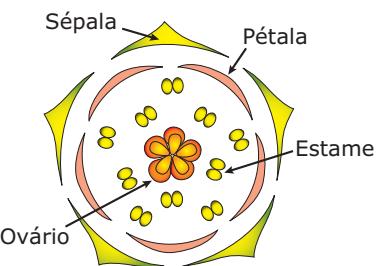
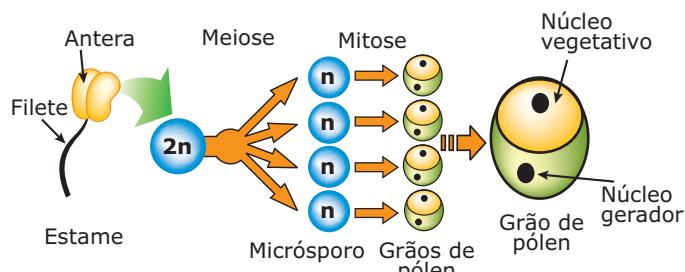
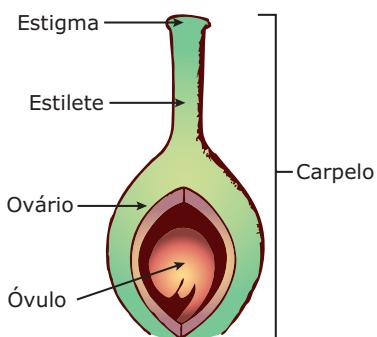
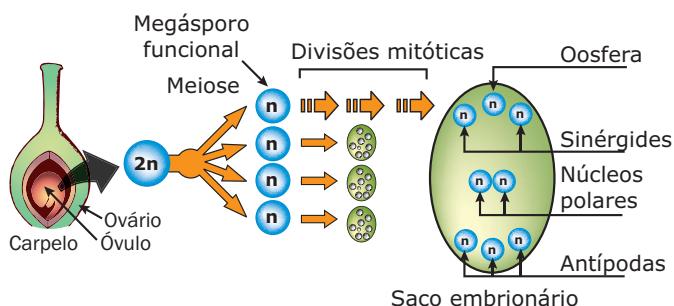
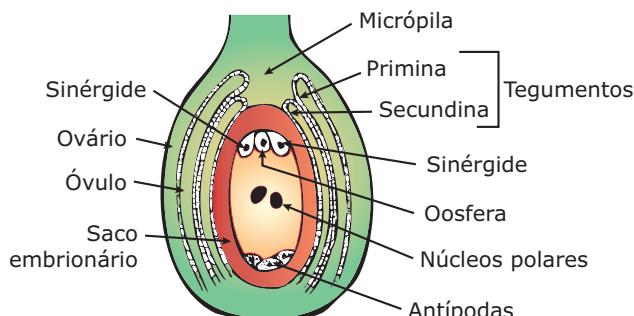
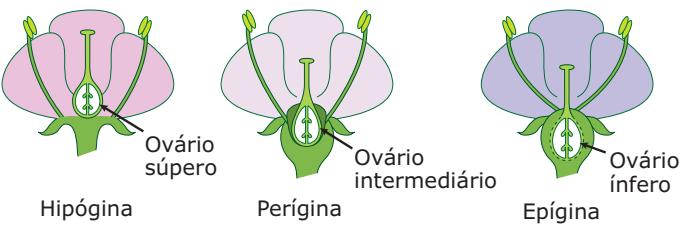
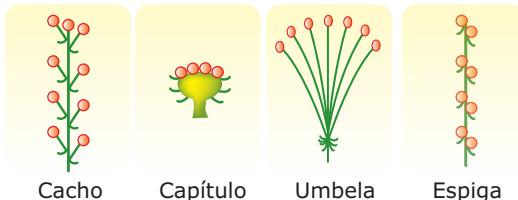
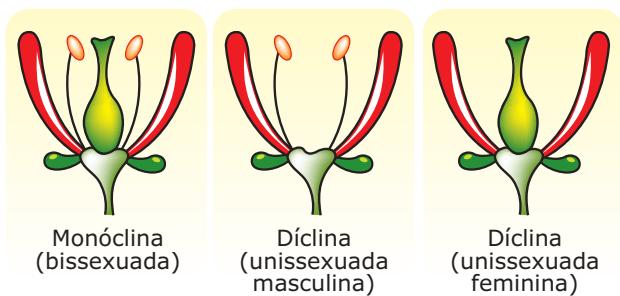



Diagrama floral *– Os botânicos costumam representar as estruturas das flores de modo esquemático, por meio de diagramas florais. Esses diagramas representam cortes transversais de um botão floral, mostrando como os verticilos estão arranjados, conforme mostra a figura.*

O conjunto formado pelo cálice e corola recebe o nome de perianto (do grego *peri*, em torno; *anthos*, flor). Assim, quanto ao perianto, podemos classificar as flores da seguinte maneira:

Classificação das flores quanto ao perianto
• **Aperiantadas** ou **aclamídeas** → Não possuem perianto (nem cálice nem corola)
• **Periantadas** ou **clamídeas** → Possuem perianto (só cálice ou só corola ou cálice e corola). Subdividem-se em: • **Monoperiantadas** ou **monoclamídeas** → Apresentam só cálice ou só corola. • **Diperiantadas** ou **diclamídeas** → Apresentam cálice e corola. Subdividem-se em: **Homoclamídeas** → Cálice e corola possuem a mesma coloração. Nesse caso, cada elemento desses verticilos é denominado tépala, e o conjunto de tépalas recebe o nome de perigônio. **Heteroclamídeas** → As sépalas (cálice) e as pétalas (corola) possuem cores diferentes.

O androceu (do grego *andros*, masculino) é o aparelho reprodutor masculino da flor, constituído por um conjunto de folhas modificadas denominadas estames, que são os esporófilos masculinos. Cada estame é formado por filete e antera. O filete é uma estrutura filamentar que sustenta a antera. A antera é uma porção dilatada do filete, constituída por duas partes unidas por um conectivo. É na antera que se encontram os microsporângios ou sacos polínicos, onde ocorre a produção dos grãos de pólen. Veja o esquema a seguir:

Formação dos grãos de pólen nas angiospermas – *Nas anteras, células 2n, denominadas células-mãe de micrósporos, realizam meiose e dão origem aos micrósporos (n). Em seguida, os micrósporos, por mitose, dão origem aos grãos de pólen. Assim como nas gimnospermas, os grãos de pólen das angiospermas são formados por duas células haploides (n): célula de tubo (célula vegetativa) e célula geradora. Repare que os grãos de pólen das angiospermas não possuem sacos aéreos. Assim como acontece nas gimnospermas, o grão de pólen das angiospermas é o gametófito masculino jovem.*

O gineceu (do grego *gynecos*, feminino) é o aparelho reprodutor feminino, constituído por um conjunto de folhas modificadas, denominadas carpelos ou pistilos, que são os esporófilos femininos. Cada carpelo é formado por estigma, estilete e ovário.

Partes de um carpelo – ***Estigma:*** *porção apical (superior) do carpelo. Tem forma variada e possui grande número de saliências, chamadas papilas estigmáticas, dotadas de uma secreção viscosa que prende o grão de pólen, quando este cai sobre o carpelo.* ***Estilete:*** *parte intermediária que comunica o estigma com o ovário.* ***Ovário:*** *porção basal e dilatada do carpelo. No seu interior, ficam os óvulos (megasporângios), onde são formados os megásporos e, posteriormente, os gametófitos femininos (megaprotalos, sacos embrionários). Quando os carpelos são isolados, cada um formando um ovário, as flores são ditas apocárpicas. Quando dois ou mais carpelos se fundem para formar um único ovário, as flores são ditas sincárpicas.*

Formação do saco embrionário em angiospermas – *No interior do óvulo imaturo, por meiose, a célula-mãe de megásporo, que é diploide (2n), origina quatro megásporos (n), dos quais três degeneram-se. O megásporo que restou, denominado de* ***megásporo funcional****, por mitose, dá origem ao gametófito feminino (saco embrionário, megaprótalo). O saco embrionário das angiospermas possui em seu interior oito células haploides (n): três antípodas (localizadas no polo oposto em relação à micrópila do óvulo), duas sinérgides (localizadas no polo próximo à micrópila), uma oosfera (gameta feminino, localizado entre as duas sinérgides) e dois mesocistos ou núcleos polares (localizados na região central do saco embrionário). No saco embrionário das angiospermas, não existem arquegônios.*

Detalhe do óvulo e do saco embrionário das angiospermas *– Observe que o óvulo encontra-se no interior do ovário. No interior do óvulo, forma-se o saco embrionário (gametófito feminino), contendo a oosfera (gameta feminino).*

Uma outra classificação das flores baseia-se na posição do gineceu em relação aos demais verticilos florais. Assim, temos flores hipógenas, perígenas e epígenas. Veja o quadro a seguir:

Flor Hipógina: *o gineceu encontra-se acima do ponto de inserção dos demais verticilos florais. Neste caso, o ovário é súpero.* ***Flor Perígina:*** *os demais verticilos florais se inserem a uma altura intermediária em relação ao gineceu. Neste caso, o ovário é intermediário.* ***Flor Epígina:*** *os verticilos florais inserem-se acima do ponto se inserção do gineceu. Nesse caso, o ovário é ínfero e encontra-se aprofundado no receptáculo.*

Em muitas espécies, as flores reúnem-se dispostas numa determinada organização, presas a um mesmo ramo, formando conjuntos de flores conhecidos por inflorescências, que podem ser de diferentes tipos. Entre elas, podemos destacar: cacho, capítulo, umbela, espiga.

Inflorescências* – *Cacho: *as flores, providas de pedúnculo, saem em toda extensão do eixo principal. Ex.: videira, mamona.* ***Espiga:*** *as flores, desprovidas de pedúnculo ou com pedúnculos muito curtos, saem em toda a extensão do eixo principal. Ex.: milho, trigo, arroz.* ***Umbela:*** *as flores saem de um mesmo ponto do eixo principal, terminando mais ou menos num mesmo nível. Ex.: erva-doce, cenoura.* ***Capítulo:*** *as flores são desprovidas de pedúnculos, ou os têm muito curtos, e todas estão dispostas em torno de um centro. Ex.: girassol, alcachofra.*

Quanto aos seus elementos reprodutores (gineceu e androceu), as flores das angiospermas podem ser monóclinas ou díclinas.

Flores de angiospermas quanto aos elementos reprodutores* – *Flores monóclinas *(hermafroditas, bissexuadas): são aquelas que possuem androceu e gineceu. É o tipo mais comum.* ***Flores díclinas*** *(unissexuadas): possuem apenas androceu ou apenas gineceu. Quando possuem apenas androceu, podem ser chamadas de unissexuadas masculinas ou estaminadas; quando têm só o gineceu, podem ser chamadas de unissexuadas femininas ou pistiladas.*

As espécies de angiospermas, quanto ao sexo, podem ser monoicas ou dioicas. Nas espécies monoicas, cada indivíduo pode ter flores monóclinas ou flores díclinas, enquanto as espécies dioicas possuem sexos separados e, assim, em cada indivíduo só existem flores díclinas.

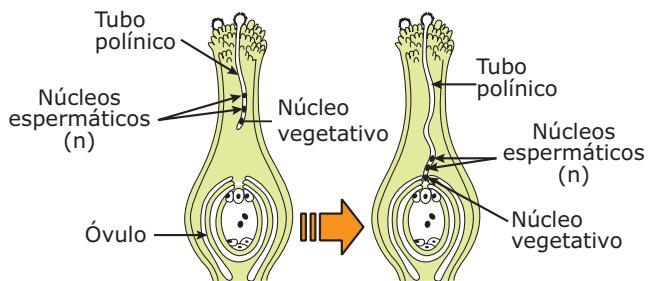
Espécies monoicas com flores monóclinas (bissexuadas) *– Em cada indivíduo, todas as flores são monóclinas ou bissexuadas (flores com androceu e gineceu).* ***Espécies monoicas com flores díclinas (unissexuadas)*** *– Em cada indivíduo, existem flores unissexuadas masculinas (com androceu) e flores unissexuadas femininas (com gineceu).* ***Espécies dioicas*** *– Em cada indivíduo, existe só um tipo de flor unissexuada. Nessas espécies, os sexos são separados, existem o indivíduo masculino e o indivíduo feminino. No indivíduo masculino, todas as flores são unissexuadas masculinas; no indivíduo feminino, todas as flores são unissexuadas femininas.*

REPRODUÇÃO

Reprodução sexuada

Assim como nas gimnospermas, a reprodução sexuada das angiospermas é realizada em três etapas básicas: polinização, germinação do grão de pólen e fecundação.

- **Polinização** – Nas angiospermas, a polinização consiste na transferência do grão de pólen das anteras dos estames para o estigma do carpelo.

Polinização nas angiospermas *– O grão de pólen é transferido da antera para o estigma.*

Nas angiospermas, a polinização pode ser realizada através da ação de diferentes agentes. Veja o quadro a seguir:

Tipos de polinização	Agente polinizador
Anemófila	Vento
Entomófila	Insetos
Ornitófila	Aves
Quiropterófila	Morcegos
Hidrófila	Água
Artificial	Homem

Tipos de polinização *– Na polinização anemófila (polinização feita pelo vento), as flores, em geral, não possuem perianto (flores aperiantadas); não há glândulas odoríferas (perfume) e nem nectários; os grãos de pólen são abundantes e secos; os estigmas dos carpelos são largos, e os estames são longos e flexíveis. Na entomofilia (polinização feita por insetos) e na ornitofilia (polinização por aves), as flores possuem perianto vistoso, com glândulas odoríferas e nectários; o pólen é pouco abundante e pegajoso; os estigmas são estreitos. Na quiropterofilia (polinização feita por morcegos), as flores possuem glândulas odoríferas, abrem-se à noite e, geralmente, possuem corola branca ou de coloração clara.*

Uma vez depositado sobre o estigma, o grão de pólen inicia o seu processo de germinação.

- **Germinação do grão de pólen** – Consiste no desenvolvimento do grão de pólen com a consequente formação do tubo polínico (microprótalo), contendo em seu interior um núcleo vegetativo e dois núcleos espermáticos (gametas masculinos). Lembre-se de que o tubo polínico é o gametófito masculino maduro.

Germinação do grão de pólen em angiospermas *– O tubo polínico cresce pelo interior do estilete em direção à micrópila, até fundir-se ao saco embrionário no interior do óvulo, quando, então, ocorre a fecundação.*

- **Fecundação** – Ao penetrar no óvulo através da micrópila, o tubo polínico funde-se ao saco embrionário. A essa altura, o núcleo vegetativo degenerou-se, e as duas células espermáticas (núcleos espermáticos) são liberadas no interior do saco embrionário.

Fecundação nas angiospermas *– Uma das células espermáticas (n) une-se à oosfera (n), formando o zigoto (2n) que, por mitose, desenvolve-se, originando o embrião (2n); a outra célula espermática (n) funde-se com os dois núcleos polares, que também são haploides (n), formando uma célula triploide (3n), denominada célula-mãe do albúmen que, por mitose, dará origem ao albúmen (endosperma secundário), um tecido rico em reservas nutritivas para o embrião, formado por células triploides (3n). A fecundação das angiospermas é chamada de fecundação dupla, pois envolve a participação das duas células espermáticas do tubo polínico. Nas gimnospermas, como há a participação de apenas uma das células espermáticas (a outra degenera-se), a fecundação é dita simples.*

Muitas angiospermas, apesar de terem flores monóclinas (hermafroditas), não realizam a autofecundação. Ao longo da evolução das plantas, verifica-se que vários mecanismos foram selecionados naturalmente, visando a evitar a autofecundação, pois esse processo não permite aumento significativo da variedade genética, podendo ser prejudicial à espécie. Alguns desses mecanismos para evitar a autofecundação são: dicogamia, hercogamia e autoesterilidade.

- **Dicogamia** – O androceu e o gineceu amadurecem em épocas diferentes. Quando o androceu amadurece primeiro, fala-se em protandria; quando o gineceu amadurece primeiro, temos a protoginia.
- **Hercogamia** – Alguma barreira física impede a queda do pólen no estigma da própria flor. Na flor-de-íris, por exemplo, existe uma membrana que impede que os grãos de pólen caiam na parte fértil do estigma.
- **Autoesterilidade** – Há uma incompatibilidade entre o pólen e o gineceu da mesma flor, e, dessa forma, não ocorre a germinação do grão de pólen caso ele caia no gineceu da mesma flor em que foi produzido.

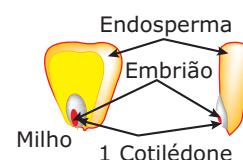
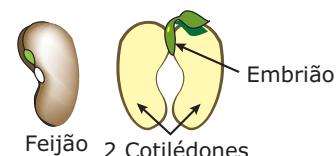
Após a fecundação, por ação de determinados hormônios vegetais, as paredes do ovário normalmente se desenvolvem, dando origem ao fruto, que contém, em seu interior, a(s) semente(s).

As sementes resultam do desenvolvimento dos óvulos após a fecundação. São constituídas de tegumento e amêndoa.

- **Tegumento (casca)** – É formado pelos envoltórios da semente. Esses envoltórios são: testa (envoltório mais externo, originário da primina do óvulo) e tégmen (envoltório mais interno, originário da secundina do óvulo). As células desses envoltórios são lignificadas e suberificadas, constituindo importantes elementos de proteção para a semente.
- **Amêndoa** – Parte da semente constituída pelo endosperma secundário e pelo embrião.

O endosperma secundário, ou albúmen das angiospermas, é um tecido formado por células triploides (3n), resultantes do desenvolvimento da união de um núcleo espermático (n) do tubo polínico com os dois núcleos polares (n) do saco embrionário. É uma reserva nutritiva que será utilizada pelo embrião durante o seu desenvolvimento.

O embrião resulta do desenvolvimento do zigoto (2n), sendo constituído pela radícula, caulículo, gêmula e cotilédone(s).

A radícula é a parte do embrião que, durante a germinação da semente, dará origem à raiz; o caulículo dará origem ao hipocótilo (base do caule); a gêmula, ou plúmula, originará o epicótilo (parte superior do caule) e as primeiras folhas da planta; os cotilédones são folhas modificadas com função de armazenar e digerir nutrientes (material de reserva) para o embrião. Em algumas angiospermas, o endosperma é digerido, e o material resultante dessa digestão é transferido e armazenado nos cotilédones, que se tornam, assim, ricos em reservas nutritivas. Essas sementes, que transferem as reservas do endosperma para os cotilédones, são denominadas sementes exalbuminadas (sem endosperma). Nas sementes em que isso não ocorre, os cotilédones são pouco desenvolvidos e praticamente não contêm reservas nutritivas e, por isso, são chamadas de sementes albuminadas. Quando no embrião da semente existe só um cotilédone, a angiosperma é classificada como monocotiledônea; quando existem dois cotilédones, ela é dita dicotiledônea.

Exemplos de monocotiledôneas: milho, arroz, trigo, cevada, cana-de-açúcar, bambu, coqueiro-da-baía, abacaxi, cebola, alho, orquídeas.

Exemplos de dicotiledôneas: feijão, ervilha, soja, café, laranjeira, limoeiro, mamona, eucalipto, batata-inglesa, abóbora, roseira, girassol.

Sementes de angiospermas

Monocotiledônea

Dicotiledônea

Monocotiledôneas *– Existe um cotilédone único, chamado escutelo, pouco desenvolvido. Para compensar, o endosperma é bastante desenvolvido, contendo a matéria nutritiva de reserva para o embrião.* ***Dicotiledônea*** *– Em geral, não tem endosperma, ou ele é pouco desenvolvido, mas, em compensação, possui dois cotilédones bastante desenvolvidos, ricos em material nutritivo para o embrião.*

OBSERVAÇÃO

- Nas dicotiledôneas, como feijão, soja e ervilha, toda reserva nutritiva está armazenada nos cotilédones, uma vez que essas sementes não têm endospermas. Contudo, outras dicotiledôneas, como a mamona, armazenam suas reservas no endosperma, pois têm cotilédones pouco desenvolvidos.

Existem algumas características gerais que permitem estabelecer certas diferenças entre as monocotiledôneas e as dicotiledôneas. No quadro a seguir, estão relacionadas algumas dessas características.

	Monocotiledôneas	Dicotiledôneas
Raízes	Fasciculadas (em cabeleira)	Axiais (pivotantes)
Caule	Colmo ou estipe com feixes líbero-lenhosos distribuídos desordenadamente.	Tronco ou haste com feixes líbero-lenhosos ordenados em círculo no seu interior.
Folhas	Paralelinérveas	Peninérveas ou reticulinérveas
Flores	Trímeras, isto é, em cada verticilo floral (cálice, corola, androceu e gineceu), o número de peças é 3 ou múltiplo de 3.	Dímeras, tetrâmeras ou pentâmeras, cada verticilo floral possui 2, 4 ou 5 peças ou múltiplos de 2, 4 e 5.
Sementes	Possuem um cotilédone	Possuem dois cotilédones

OBSERVAÇÃO

- As diferenças entre monocotiledôneas e dicotiledôneas, mostradas no quadro anterior, não são rígidas, havendo algumas exceções.

A sobrevivência de qualquer espécie de ser vivo, inclusive das angiospermas, depende da sua capacidade de deixar descendentes.

A disseminação ou dispersão das sementes e de frutos é o transporte desses órgãos no meio ambiente. Esse transporte pode ser realizado por diferentes agentes (vento, água, animais).

Denomina-se anemocoria a disseminação realizada pelo vento. As espécies anemócoras possuem sementes e frutos que apresentam adaptações, como superfícies aladas, pelos e estruturas semelhantes a um paraquedas. Essas adaptações facilitam o transporte realizado pelo vento. Como exemplos, podem ser citados os frutos do tipo sâmara, as sementes de algodão e da paineira.

Semente de algodão

Semente alada de ipê

Fruto alado (sâmara)

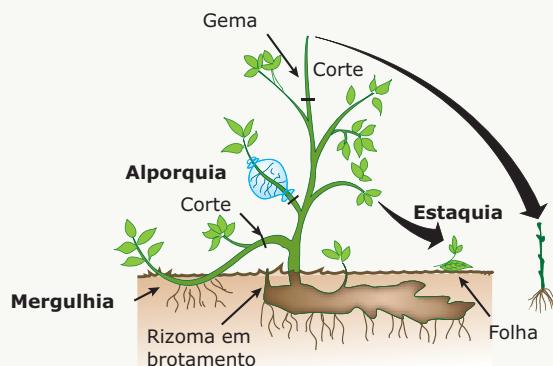
Fruto seco de dente-de-leão

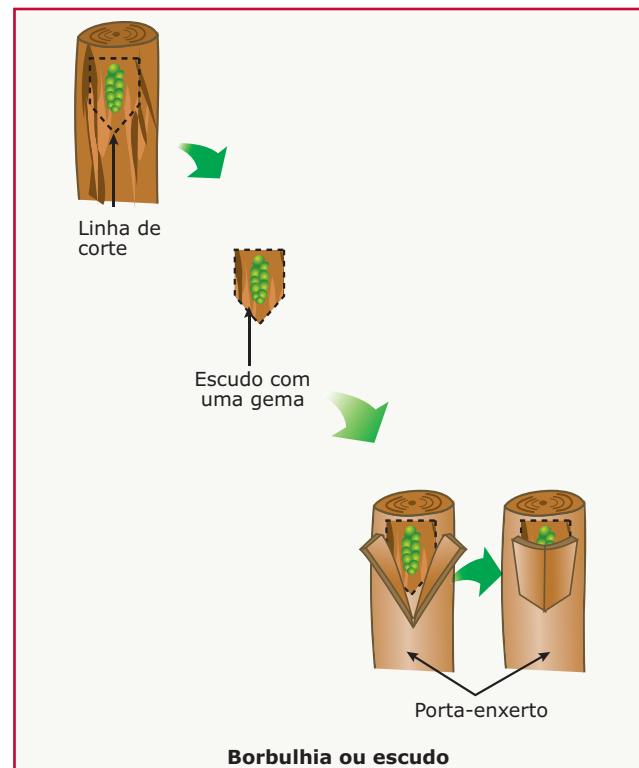
À disseminação realizada pela água dá-se o nome de hidrocoria. O coco-da-baía é um bom exemplo de fruto adaptado à dispersão pela água. Seu mesocarpo fibroso possibilita a flutuação, permitindo que a água o transporte a grandes distâncias da planta que o produziu.

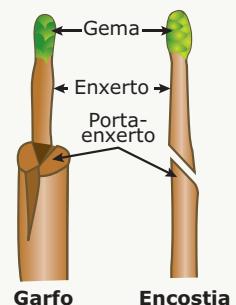
Quando realizada por animais, a dispersão denomina-se zoocoria, que pode ser de dois tipos: endozoica e epizoica.

Muitos frutos e sementes servem de alimentos para certos animais. Alguns, todavia, não digerem as sementes ingeridas, defecando-as intactas em outras áreas. Quando isso ocorre, fala-se em zoocoria endozoica. Isso acontece, por exemplo, com as sementes de erva-de-passarinho, uma angiosperma hemiparasita. Os pássaros que se alimentam dos pequenos frutos desse parasita não conseguem digerir suas sementes que, então, são eliminadas junto com as fezes.

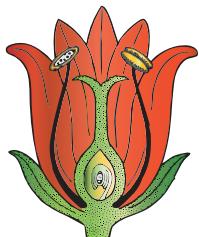
Certas sementes e frutos apresentam expansões em forma de pequenos espinhos ou ganchos que se fixam no corpo dos animais e, assim, são transportadas para outras regiões. Fala-se, nesse caso, em zoocoria epizoica. Isso acontece, por exemplo, com os frutos de carrapicho e o picão que, presos à pele de animais, são levados a grandes distâncias.

A disseminação das sementes é muito importante para a sobrevivência da espécie, pois, diminuindo a probabilidade de caírem muito próximas umas das outras, ou próxima da planta-mãe, é reduzida a competição entre elas.

Encontrando no meio condições favoráveis, a semente começa a germinar, desenvolve-se e dá origem a um novo esporófito.

LEITURA COMPLEMENTAR

Reprodução assexuada em angiosperma

Nas angiospermas, pode ocorrer apenas a reprodução assexuada, também chamada de reprodução ou propagação vegetativa, pelo fato de esse tipo de reprodução originar descendentes geneticamente idênticos à planta-mãe. Trata-se de uma reprodução de grande valia quando se quer preservar e multiplicar uma planta que possui características consideradas de alta qualidade. Outra vantagem é o fato de ser muito mais rápida do que reprodução por sementes, permitindo, assim, o povoamento de grandes áreas em pouco tempo. Não podemos nos esquecer também de que, em alguns casos, como na bananeira, laranja-da-baía e limão-taiti, a reprodução vegetativa é o único modo de propagação da planta, uma vez que essas angiospermas são partenocárpicas, isto é, produzem frutos, mas não produzem sementes.

Existem diferentes modalidades de reprodução assexuada nas angiospermas. Entre elas, destacamos a estaquia, a mergulhia, a alporquia e a enxertia.

Reprodução assexuada em angiospermas* – *Estaquia: *modalidade de reprodução vegetativa feita por meio de estacas. As estacas são ramos do caule cortados, contendo gemas (botões vegetativos) constituídos de tecidos meristemáticos primários, que são tecidos indiferenciados. A extremidade cortada da estaca é enterrada no solo, e a gema apical deve ser retirada para não interferir no desenvolvimento da estaca ("pega" da muda), uma vez que a gema apical pode inibir o desenvolvimento das gemas laterais.* ***Mergulhia:*** *consiste em enterrar parte de um ramo da planta e esperar até que se formem raízes. Isso ocorrendo, separa-se o ramo com as raízes, plantando-o a seguir.* ***Alporquia:*** *consiste em fazer um pequeno corte em um ramo, colocando-se, nesse local, terra úmida envolta por um saco ou por uma lata presos ao ramo. Quando ocorrer a formação de raízes, separa-se o ramo, plantando-o em seguida.*

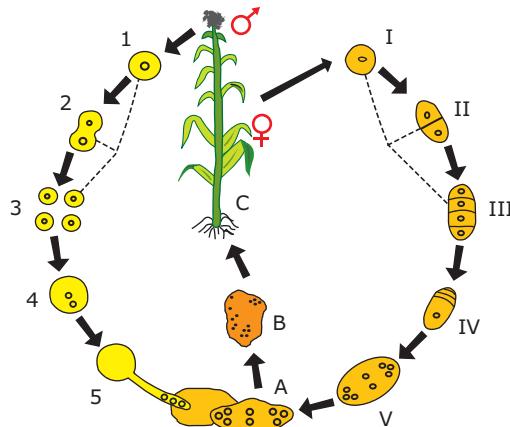
Enxertia*: consiste em colocar um pedaço de caule de uma planta, chamada cavaleiro (enxerto), no caule de outra planta, denominada cavalo (porta-enxerto), provida de raízes. O cavalo e o cavaleiro devem ser da mesma espécie ou de espécies de um mesmo gênero. Nesse processo, é importante que o cavaleiro tenha uma ou mais gemas, e que o câmbio (tecido meristemático) do cavalo entre em contato com o câmbio do cavaleiro. Por divisão celular, ambos os câmbios formam massas de tecido. Essas duas massas encontram-se e fundem-se, originando um câmbio contínuo que pode produzir xilema e floema. Além disso, deve-se retirar as gemas do cavalo, a fim de evitar que a seiva seja conduzida a elas e não para as gemas do cavaleiro. Existem diferentes técnicas de enxertia. As mais comuns são a borbulhia (escudo), a garfagem e a encostia.*

***Borbulhia**: corta-se um pedaço da casca com uma gema, que é encaixada numa fenda em T feita na casca do porta-enxerto. O conjunto é amarrado com uma fita. **Garfagem**: corta-se um ramo com duas ou três gemas, que é descascado com dois cortes oblíquos e encaixado numa fenda no porta-enxerto. **Encostia**: o ramo a ser enxertado é cortado obliquamente, para ter uma boa superfície de contato, e amarrado num corte de mesmo tamanho feito no porta-enxerto.*

A enxertia é a técnica mais utilizada para propagação vegetativa da maioria das plantas frutíferas selecionadas, com as qualidades que mais interessam aos produtores. Uma de suas vantagens, em relação às demais técnicas vistas anteriormente, está no fato de que a muda (cavaleiro) já encontra um cavalo munido de raízes, e, com isso, o desenvolvimento é mais rápido. Além disso, pode-se selecionar plantas com raízes resistentes a certas condições ambientais (solo, clima) e utilizá-las como cavalo, conseguindo-se, assim, obter alta produtividade de plantas em determinados tipos de solo aos quais elas naturalmente não se adaptariam.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFMG)

Os vegetais portadores dessa estrutura apresentam, também, todas as características a seguir, **EXCETO**

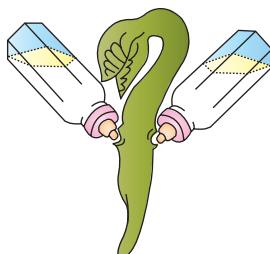
A) semente resultante do desenvolvimento do óvulo.
B) vasos condutores de seiva.
C) dupla fecundação.
D) clorofila no interior de cloroplastos.
E) anterozoides pluriflagelados.

02. (Mackenzie-SP) Considere uma espécie vegetal pertencente ao grupo das angiospermas, que possui células com 2n = 36 cromossomos. Nessa espécie, o endosperma, a oosfera e o zigoto, formado após a fecundação, apresentam, respectivamente,

A) 18, 36 e 54 cromossomos.
B) 36, 18 e 54 cromossomos.
C) 54, 36 e 18 cromossomos.
D) 18, 54 e 36 cromossomos.
E) 54, 18 e 36 cromossomos.

03. (UFES) Nas angiospermas, após a fecundação, forma-se a semente, que é uma estrutura resultante do desenvolvimento do(a)

A) ovário.
B) óvulo.
C) saco embrionário.
D) oosfera.
E) carpelo.

04. (UFMG) Observe a figura que representa o ciclo reprodutivo de um vegetal no qual n = 10 cromossomos.

Com base nos dados da figura e em conhecimentos sobre o assunto, é **INCORRETO** afirmar que

A) a estrutura indicada em B apresenta células contendo 20 e 30 cromossomos.
B) a fase C representa um vegetal monoico.
C) as estruturas representadas em 1 e I apresentam 20 cromossomos.
D) as estruturas 5 e V representam, respectivamente, os gametas masculino e feminino.
E) as fases 3 e III resultam da fase equacional da meiose.

05. (UFV-MG) Assinale a alternativa que inclui a sequência **CORRETA** de eventos básicos do ciclo de vida das angiospermas.

A) Gametogênese, formação do zigoto, embriogênese, fertilização, formação da semente, germinação, crescimento vegetativo e floração.
B) Gametogênese, fertilização, embriogênese, formação do zigoto, formação da semente, germinação, crescimento vegetativo e floração.
C) Gametogênese, formação do óvulo e do zigoto, fertilização, formação da semente, germinação, crescimento vegetativo e floração.
D) Gametogênese, fertilização, formação do zigoto, desenvolvimento do saco embrionário, formação da semente, germinação, crescimento vegetativo.
E) Gametogênese, fertilização, formação do zigoto, embriogênese, formação da semente, germinação, crescimento vegetativo e floração.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFRGS) Antípodas, sinérgides e oosfera são partes do (a)

A) tubo polínico ou microprótalo.
B) embrião.
C) saco embrionário ou megaprotalo.
D) ovário ou rudimento frutífero.
E) semente ou rudimento seminal.

02. (OSEC-SP) Uma flor hermafrodita possui, pelo menos,

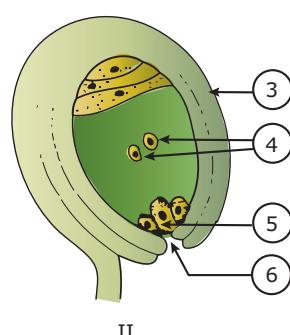
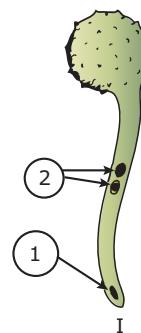
A) cálice e corola.
B) androceu e receptáculo.
C) estames e pistilos.
D) pétalas e estames.
E) Nenhuma das anteriores.

03. (PUC Minas) A flor que apresenta cálice e corola diferentes, e elementos reprodutores masculinos e femininos é

A) aperiantada e díclina.
B) diperiantada e díclina.
C) homoclamídea e monóclina.
D) heteroclamídea e monóclina.
E) heteroclamídea e díclina.

04. (FUVEST-SP) O endosperma das sementes de angiospermas contém

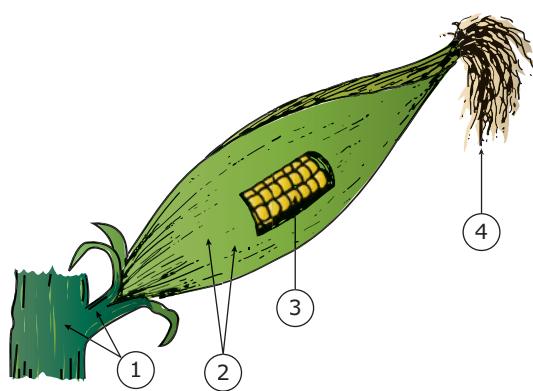
A) material genético de cada genitor em quantidades iguais.
B) somente material genético materno.
C) somente material genético paterno.
D) maior quantidade de material genético materno.
E) maior quantidade de material genético paterno.

05. (FCMMG)

Considerando-se o desenho acima como sendo o de uma semente de feijão logo após a sua germinação, podemos afirmar que as duas mamadeiras representam

A) o albúmen e o endosperma.
B) os cotilédones.
C) as células-mãe do saco embrionário.
D) os cloroplastos embrionários.
E) os nutrientes absorvidos pela radícula.

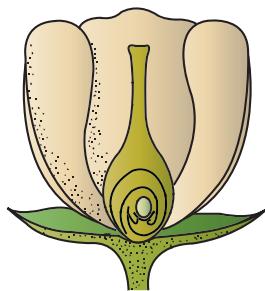
06. (FGV-SP) Se as células das pétalas de uma flor apresentam oito cromossomos, o zigoto resultante da fusão do núcleo espermático com a oosfera dessa flor terá

A) 24 cromossomos.
B) 16 cromossomos.
C) 8 cromossomos.
D) 4 cromossomos.
E) 2 cromossomos.

07. (UFMG) Observe as figuras e as estruturas representadas.

Com relação a essas figuras e às estruturas indicadas por números, é **CORRETO** afirmar que

A) I e II ocorrem em todos os vegetais.
B) I representa o gameta masculino e II, o feminino.
C) o encontro de I com II independe da água.
D) o endosperma surgirá da união de 1 com 5.
E) o embrião será originado da união de 2 com 4.

08. (FCMSC-SP) Qual das seguintes características indica uma planta anemófila?

A) Flor com nectários
B) Flor com odor
C) Flor com estigma pequeno
D) Anteras contendo pólen abundante e seco
E) Flor com muitas pétalas coloridas e vistosas

09. (UFMG) Esta figura representa uma espiga de milho, presa à planta-mãe. Na espiga, efetuou-se uma abertura e indicaram-se vários de seus componentes por números.

Com relação aos componentes dessa figura, é **INCORRETO** afirmar que

A) 1 realiza transporte de seiva.

B) 2 é formado de folhas modificadas.

C) 3 apresenta todas as células com a mesma ploidia.

D) 4 relaciona-se com a polinização.

10. (UFMG) O esquema a seguir apresenta as estruturas de uma flor.

Todas as alternativas apresentam processos que podem ocorrer nessa flor, **EXCETO**

A) gametogênese.

B) autofecundação.

C) produção de sementes.

D) polinização.

11. (UMC-SP) A laranja-da-baía é uma variedade triploide de laranja que surgiu na Bahia por volta do começo do século XIX. Nessa espécie de laranja, a meiose é anormal, gerando plantas sem sementes, razão pela qual esse tipo de laranja é de grande interesse comercial. A melhor forma de propagar essa variedade de laranja é através da técnica de

A) polinização direta, para garantir a manutenção das características genéticas.

B) polinização indireta, para aumentar a variabilidade genética.

C) fertilização controlada em casas de vegetação e estufas.

D) fertilização aberta no campo e nas plantações.

E) propagação de mudas em casas de vegetação e estufas.

12. (Mackenzie-SP) Certos vegetais, tais como a cana-de-açúcar e a mandioca, são cultivados através de pedaços de caules. A respeito dessa prática, considere as afirmações:

I. É vantajosa sobre a reprodução sexuada quanto à garantia de boa qualidade do produto final.

II. É desvantajosa sobre o processo sexuado quanto ao aspecto de resistência ao meio, pois as culturas obtidas estão sujeitas a serem dizimadas por ação de algum fator biótico ou abiótico.

III. É vantajosa sobre a reprodução sexuada, pois permite maior variabilidade genética entre os indivíduos.

IV. É vantajosa sobre o processo sexuado, pois as culturas são obtidas num espaço menor de tempo.

Estão **CORRETAS** somente

A) I e II.

B) II e III.

C) I e III.

D) I, II e IV.

E) III e IV.

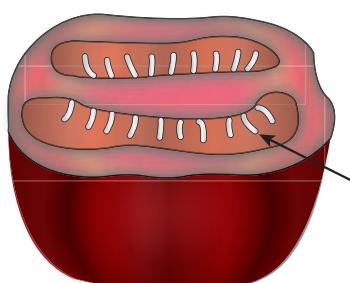
13. (PUC Minas) Entre os vegetais, os enxertos são realizados

A) a partir de fecundação *in vitro* de células gaméticas oriundas de sementes incubadas.

B) pela obtenção de mudas a partir de folhas previamente irradiadas com isótopos radioativos.

C) pela extração de gemas meristemáticas obtidas a partir de caules mantidos em condições ambientais controladas.

D) utilizando-se plantas enraizadas mais resistentes, que funcionam com suporte a plantas frutíferas de baixa resistência, mas de boa qualidade.

E) pela extração de germoplasma de uma grande variedade de plantas, que depois são hibridizadas em laboratório e cultivadas em sistema de hidroponia.

14. (UFF-RJ–2011) As plantas, ao longo do processo evolutivo, apresentaram diversas características que permitiram o seu estabelecimento e perpetuação. Essas características são compartilhadas entre os grupos ou podem ser exclusivas. Os quadros a seguir apresentam três grupos vegetais (Quadro I) e algumas características do reino Vegetal (Quadro II).

Quadro I
1) Pteridófitas
2) Gimnospermas
3) Angiospermas

Quadro II
a) Surgimento de vasos condutores
b) Gametófito como fase domiante
c) Surgimento da semente
d) Formação de fruto
e) Estruturas reprodutivas – estróbilos

Assinale a alternativa que correlaciona **CORRETAMENTE** cada um dos três grupos vegetais (Quadro I) com uma das características evolutivas (Quadro II) que foi fundamental para o estabelecimento do grupo.

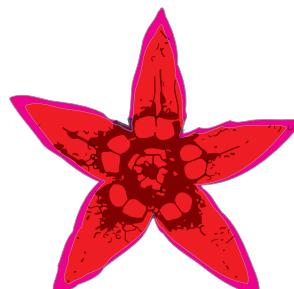
A) 1-a; 2-e; 3-b.

B) 1-a; 2-c; 3-d.

C) 1-b; 2-a; 3-e.

D) 1-b; 2-d; 3-c.

E) 1-c; 2-e; 3-d.

15. (UFMG) Observe a figura.

A) Que estrutura da flor originou o tomate?

B) **CITE** uma vantagem evolutiva das plantas que possuem fruto.

C) Qual é o provável mecanismo de dispersão dos vegetais que possuem fruto colorido, suculento e nutritivo?

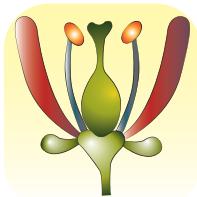
D) Qual é a estrutura indicada pela seta, no esquema, e qual é a sua função?

E) **OBSERVE** as figuras.

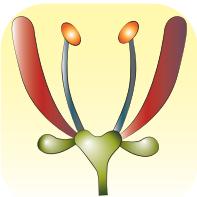
Nervura foliar

Vasos

Flor

O tomateiro possui nervuras foliares, vasos e flores dos tipos esquematizados anteriormente.

1) Quantos cotilédones a semente apresenta?

2) Qual é o seu tipo de raiz?

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2005) Caso os cientistas descobrissem alguma substância que impedisse a reprodução de todos os insetos, certamente nos livraríamos de várias doenças em que esses animais são vetores. Em compensação, teríamos grandes problemas com a diminuição drástica de plantas que dependem dos insetos para a polinização, que é o caso das

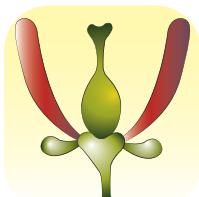
A) algas.

B) briófitas, como os musgos.

C) pteridófitas, como as samambaias.

D) gimnospermas, como os pinheiros.

E) angiospermas, como as árvores frutíferas.

02. As angiospermas são as únicas plantas capazes de formar frutos. Os verdadeiros frutos originam-se, após a fecundação, de determinadas estruturas reprodutoras presentes nas flores dessas plantas.

As figuras abaixo representam diferentes tipos de flores quanto aos seus elementos reprodutores.

1

2

3

Um fruto verdadeiro poderá ser formando na(s) flor(es) indicada(s) pelo(s) número(s)

A) 1, apenas.

B) 2, apenas.

C) 3, apenas.

D) 1 e 2, apenas.

E) 1 e 3, apenas.

GABARITO

Fixação

01. E
02. E
03. B
04. D
05. E

Propostos

01. C
02. C
03. D
04. D
05. B
06. C
07. C
08. D
09. C
10. B
11. E
12. D
13. D
14. B
15. A) Como é um fruto verdadeiro, o tomate originou-se do ovário da flor.

    B) O fruto confere maior proteção para a semente e, consequentemente, para o embrião que se encontra em seu interior, além de contribuir para uma maior dispersão da espécie.

    C) Nesses vegetais, a dispersão normalmente é do tipo zoocoria, ou seja, é realizada por animais (pássaros, por exemplo).

    D) A estrutura indicada pela seta é a semente, que, ao germinar, origina um novo esporófito, ou seja, tem função reprodutora.

    E) 1) A semente apresenta dois cotilédones.

    2) A raiz é do tipo axial (pivotante).

Seção Enem

01. E
02. E